IDEI
CONTEMPORANE

PAȘI PESTE GRANIȚE

WERNER HEISENBERG

EDITURA POLITICĂ

IDEI CONTEMPORANE

WERNER HEISENBERG

PAŞI PESTE GRANIŢE

CULEGERE DE DISCURSURI ŞI ARTICOLE

Studiu introductiv şi traducere :
ILIE PÂRVU

1977

EDITURA POLITICĂ

BUCUREŞTI

Coperta de : VALENTINA BOROȘ

WERNER HEISENBERG

SCHRITTE ÜBER GRENZEN

Gesammelte Reden und Aufsätze

C. R. PIPER & Co. Verlag.
München, 1971

PERMANENȚE TEMATICE ÎN GÎNDIREA FILOZOFICĂ A LUI WERNER HEISENBERG

Cartea lui Werner Heisenberg „Pași peste granițe" ne permite mai bine decît toate celelalte lucrări filozofice ale sale să urmărim temele fundamentale ale gîndirii lui științifice și filozofice în evoluția lor de-a lungul a peste cinci decenii. Reunirea tuturor acestor studii, conferințe, articole și amintiri într-un volum special corespunde intenției autorului de a înlesni sesizarea acelei noi „modalități de gîndire", unitară în presupozițiile ei fundamentale, pe care a impus-o evoluția fizicii atomice în secolul nostru. La această revoluționare a gîndirii științifice, realizată de fizică în prima jumătate a secolului al XX-lea, W. Heisenberg a participat în mod decisiv, el inițiind una dintre etapele ei care au adus cele mai profunde modificări în „stilul de gîndire" al științei contemporane, și anume crearea mecanicii cuantice. După cum se exprima C.F. von Weizsäcker într-un articol scris în memoria lui Heisenberg, „prin transformarea operată în planul gîndirii" fizica elaborată în prima treime a secolului nostru „s-a înscris în cadrul istoriei universale" ; iar contribuția lui Heisenberg la această transformare poate fi comparată numai cu aceea a lui Einstein sau a lui Bohr.

În textele reunite în această culegere, deși fizica atomică deține permanent locul principal, apar mereu probleme filozofice, politice, etice sau de filozofia culturii și artei. Aceasta arată

cît se poate de clar faptul că științele naturii — în concepția lui Heisenberg — nu se pot separa astăzi de problemele generale ale societății. Angajarea socială a omului de știință, în condițiile implicațiilor profunde pentru viitorul lumii pe care le are știința în epoca actuală, răspunderea sa morală, necesitatea înscrierii activității de cercetare științifică în contextul larg al problemelor filozofice și social-politice, toate acestea pot fi observate în activitatea lui Heisenberg. Un al doilea merit al acestei cărți constă astfel în dezvăluirea profilului complex, social, moral și filozofic al savantului atomist, a străduaniei sale de a corela permanent problemele fizicii cu cele izvorîte din alte domenii ale culturii — filozofia, arta, religia — și cu marile probleme ale istoriei contemporane.

„Pași peste granițe" constituie un document de primă însemnătate pentru înțelegerea și interpretarea operei științifice și filozofice a unuia dintre cei mai mari savanți ai epocii contemporane. Ea se înscrie cu specificul său în seria remarcabilă de opere teoretico-filozofice ale lui W. Heisenberg [1], reluînd într-o formă concisă și într-o expunere adesea mai simplă dinamica gîndirii sale, cristalizată progresiv în celelalte lucrări metodologice și filozofice.

Născut la 5 decembrie 1901 în Würzburg, Heisenberg a studiat fizica la Universitățile din München și Göttingen, avîndu-i ca profesori pe Sommerfeld, Wien, Born, Frank și Hilbert. În iarna 1924—1925 a studiat la Institutul de fizică din Copenhaga, condus de Niels Bohr. În

[1] *Principiile fizice ale teoriei cuantice*, Leipzig, 1930 ; *Transformări în fundamentele științelor naturii*, Leipzig, 1935 ; *Imaginea naturii în fizica actuală*, Hamburg, 1955 ; *Fizică și filozofie*, Frankfurt a.M., 1959 ; *Partea și întregul*, München, 1969. (*Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie*, Leipzig, 1930 ; *Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft*, Leipzig, 1935 ; *Das Naturbild der heutigen Physik*, Hamburg, 1955 ; *Physik und Philosophie*, Frankfurt a.M., 1959 ; *Der Teil und das Ganze*, München, 1969).

1927 a devenit profesor de fizică teoretică la Universitatea din Leipzig, iar din 1941 la Universitatea din Berlin. Din 1946 a condus Institutul de fizică „Max Planck". De la reînființarea Fundației „Alexander von Humboldt", în 1953, Heisenberg a fost președintele ei. Pentru meritele sale remarcabile în dezvoltarea științei contemporane a fost ales membru a numeroase academii din întreaga lume, printre care Deutsche Akademie der Wissenschaften (Leopoldina), Academia Nationale dei Lincei — Roma, Royal Society — Londra, Academia R. S. România, Academiile de știință din Suedia, Spania, Bavaria ș. a. A murit la München, la 1 februarie 1976.

Werner Heisenberg a fost unul dintre savanții cei mai creatori și mai influenți din fizica teoretică contemporană. Dotat cu o rară putere de abstracție și o strălucită imaginație el a marcat prin operele sale toate etapele importante ale evoluției fizicii începînd cu deceniul al treilea al secolului nostru. Împreună cu Max Born și Pascual Jordan a creat mecanica cuantică în forma ei matricială ; a formulat celebrele „relații de imprecizie" ; a clarificat împreună cu Niels Bohr sensul fizic al teoriei cuantice. Toate acestea l-au consacrat ca principalul fondator al mecanicii cuantice, fiind distins cu Premiul Nobel pentru fizică în anul 1932. În domeniul teoriei nucleului atomic Heisenberg a propus ipoteza alcătuirii nucleului atomic din protoni și neutroni. Începînd cu deceniul al 6-lea a elaborat, parțial în colaborare cu Wolfgang Pauli, teoria unitară a particulelor elementare, cel mai îndrăzneț și fructuos model teoretic — pînă în prezent — al structurii și proceselor ce se desfășoară la nivelul particulelor fundamentale.

Interpretarea dată de Heisenberg teoriei cuantice, al cărei punct central l-a constituit formularea „relațiilor de imprecizie", a reprezentat inaugurarea unui nou mod de a gîndi în fizică, deosebit de cel clasic, specific mecanicii

newtoniene. Această modalitate de gîndire implică noi elemente metodologice (privind rolul condițiilor de observare și experimentare în cunoașterea fizică, al interacțiunii obiectului cu aparatul de măsură), epistemologice (privind raportul dintre formalismul matematic al teoriei și interpretarea ei fizică), ontologice (concepere mai abstractă, neintuitivă a realității fizice, înțelegerea complexă a determinismului proceselor cuantice). Această interpretare nu s-a impus fără a întîmpina rezistențe deosebite din partea unor fizicieni și filozofi fideli reprezentărilor și idealului clasic al științei fizice. Astfel, A. Einstein, E. Schrödinger și L. de Broglie, deși au contribuit esențial la geneza fizicii cuantice nu au acceptat noua concepere a realității fizice, interpretarea probabilistă a mecanicii cuantice, modificarea sensului clasic al legii cauzalității propuse de Heinsenberg.

Evoluția modernă a fizicii, ca și propriile sale realizări științifice au fost gîndite întotdeauna de Heisenberg într-o perspectivă mai generală, filozofică. El a contribuit esențial la elaborarea principiilor metodologice ale noii științe, la înțelegerea particularităților ei gnoseologice, a structurii și dinamicii interne a teoriilor, la situarea cuceririlor științei în contextul mai larg al valorilor civilizației și culturii umane.

În gîndirea filozofică a lui Heisenberg s-au profilat cîteva teme și motive majore, probleme de meditație neîntreruptă care au conferit operei sale o adîncă unitate și consistență internă. Raportul dintre fizică și filozofie, rolul științei în viața socială, unitatea formelor culturii, filozofia grecească — rădăcină a științei și culturii europene, unitatea științei și unitatea naturii, sau — la un nivel mai special — noutatea metodologică a științei moderne, raportul fizică-matematică-experiență, problema realității și a determinismului în fizica actuală, structura și funcțiile cognitive ale limbajului științific, logica teoriilor științifice, dinamica teoriilor și

progresul cunoașterii, rolul idealizării și abstracției în cunoașterea științifică, semnificația operațională a conceptelor științifice, elementaritatea în știința actuală, toate acestea sînt numai cîteva dintre permanențele reflecției filozofice a lui Heisenberg. Cu o intuiție profundă și o mare putere de abstracție Heisenberg a descoperit probleme filozofice noi și le-a discutat. Analiza metodologică și logică a fizicii nu este viciată în opera sa de respingerea presupozițiilor „metafizice" ale științei, de restricțiile și unilateralitatea pozitivismului. Dimpotrivă, analizele sale științifice care vizau marile probleme conceptuale și metodologice în mod inevitabil „depășeau granițele". În opera sa și-au găsit o sinteză fericită fizica și filozofia, chiar dacă concluziile filozofice la care ajunge Heinsenberg sînt uneori amendabile, fiind determinate nu numai de reflecția metodologică asupra noii experiențe din fizica cuantică, ci și de anumite opțiuni filozofice mai generale.

Înainte de a discuta cîteva dintre contribuțiile lui Heisenberg la elaborarea filozofiei actuale a științei trebuie să amintim faptul că marele fizician nu s-a identificat cu o școală filozofică specială, cu un anumit curent din filozofia burgheză actuală. Interpretarea pe care Heisenberg și Bohr au dat-o mecanicii cuantice, cunoscută sub numele de „Școala de la Copenhaga", nu poate fi redusă la perspectivele unilaterale asupra științei proprii pozitivismului logic, operaționismului sau convenționalismului, cu care a fost asociată uneori. Complexitatea și noutatea abordării problemelor filozofice ale științei în gîndirea lui Heisenberg nu poate fi înțeleasă plecînd de la unul dintre aceste sisteme de gîndire subiectiviste, care absolutizează anumite elemente particulare ale procesului cunoașterii științifice. Cu toate acestea, unii dintre interpreții lui l-au asimilat fie pozitivismului logic, fie platonismului matematist ; s-au formulat, de asemenea, și interpretări fenome-

nologice[2], *raționalist-dialectice sau chiar neotomiste ale ideilor sale. Important este însă, în primul rînd — așa cum argumentează și H. Hörz, un cunoscut exeget marxist din Republica Democrată Germană al filozofiei sale*[3] *— să se înțeleagă modul de punere a problemelor în cadrul concepției lui Heisenberg, izvorît din dificultăți teoretice și conceptuale care au condus inevitabil la întrebări filozofice ; iar, în al doilea rînd, să se elaboreze această problematică complexă într-o filozofie explicită, de pe pozițiile materialismului dialectic. O asemenea modalitate de analiză a ideilor filozofice ale lui Heisenberg ne va oferi rezultate mult mai importante : ea ne va pune în fața unor probleme veritabile și semnificative, demne de meditație adîncă și de elaborări constructive.*

Heisenberg a apelat la diverse orientări sau momente din istoria filozofiei pentru a se ajuta cu intuițiile lor în înțelegerea corectă a mutațiilor care se petreceau în știința sa, pentru a interpreta rezultatele și rolul gîndirii teoretice în noile domenii ale fizicii. În construcțiile sale Heisenberg se sprijină pe unele concepte sau idei ale unor filozofi din trecut sau de astăzi fără să ofere o apreciere completă a concepției lor și fără a se identifica total cu ei. Adresîndu-se marilor filozofi ai trecutului sau ai prezentului (și mai puțin sistemelor filozofice care au pretenția de a rezolva nedialectic, axiomatic toate problemele concepției despre lume, plecînd de la un număr infim de pretinse adevăruri absolute, sisteme a căror manieră de gîndire i se părea străină caracterului deschis și perfectibil al cunoașterii fizice moderne), Heisenberg caută răspunsuri la marile probleme care apar în cercetarea teoretică. De aici derivă

---

[2] P. A. Heelan, *Quantum Mechanics and Objectivity. A Study of the Physical Philosophy of Werner Heisenberg*, Den Haag, 1965.

[3] H. Hörz, *Werner Heisenberg und die Philosophie*, Berlin, Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1966.

un mod special de a se raporta la concepțiile filozofilor : el va reține din opera acestora doar aspectele relevante pentru problemele respective (p. 23—24) *, pe care le va comenta „din punctul de vedere adoptat de știința actuală". Din acest dialog al lui Heisenberg cu filozofia se cuvine ca urmare să desprindem, pe lîngă ideile și tezele sale explicite, și problemele adînci care au provocat această reflecție, temele permanente ale meditației sale.*

În această perspectivă un loc aparte trebuie să ocupe cercetarea concepției sale asupra realității fizice și, în acest context, dezvăluirea sensului „platonismului" lui Heisenberg. Spre problema realității și spre aceea, corelată cu ea, a relației subiect-obiect converg, așa cum accentua Heisenberg, toate marile probleme metodologice ale teoriei cuantice : problema determinismului, a raportului dintre descrierea cauzală și cea spațio-temporală, problema consistenței și completitudinii teoriei cuantice, a sensului și a temeiului probabilității cuantice ș.a. După cum arăta și Niels Bohr [4], la nivelul problemei realității, a raportului obiect-subiect se localizează „ruptura" dintre abordarea cuantică și cea clasică din fizică.

Evoluția ideilor lui Heisenberg pe tema realității fizice ne dezvăluie pregnant tocmai un anume mod de a pune problemele, comun lui Bohr și Heisenberg, ținînd de acel „spirit de la Copenhaga" : abordarea temei realității se înscrie într-o perspectivă epistemologică. Întrebările pe care și le pune Heisenberg converg în mod esențial asupra condițiilor cunoașterii *din fizica modernă, asupra modului de a ajunge în cadrul ei la formularea propozițiilor despre*

---

* Referirile la volumul de față sînt notate prin indicarea între paranteze a paginii.

[4] N. Bohr, *Convorbiri cu Einstein asupra problemelor epistemologice din fizica atomică*, în N. Bohr, *Fizica atomică și cunoașterea umană*, București, Editura științifică, 1969.

realitate. El încearcă să găsească o soluție la problemele epistemologice privind relația dintre abstracțiile științifice și realitate, dintre matematică și experiență. Esențialul „interpretării de la Copenhaga" a teoriei cuantice — opera comună a lui Bohr și Heisenberg — îl reprezintă în acest sens respingerea concepției clasice asupra corespondenței directe, univoce dintre teorie și realitate, asupra înțelegerii contemplativiste a obiectului cunoașterii — ca un dat preexistent, constituit anterior și independent de relația cu subiectul, de interacțiunea experimentală a omului cu realitatea. Pe plan ontologic Bohr și Heisenberg cereau depășirea concepției mecaniciste asupra substanței ca punct de plecare în înțelegerea realității fizice și căutarea unei noi modalități de abordare, a unei noi reprezentări asupra existenței fizice. „Reprezentarea realității care stă la baza mecanicii newtoniene — scrie Heisenberg — era prea îngustă și ea trebuia înlocuită prin ceva mai general" [5]. De la dezacordul inițial cu concepția clasică, căreia îi asociază greșit și ideile materialismului dialectic despre materie formulate în secolul al XIX-lea, neînsoțit însă de soluții constructive pentru rezolvarea problemei filozofice reale, gîndirea lui Heisenberg a evoluat permanent spre formularea unor răspunsuri pozitive, pe fondul limpezirii treptate a însăși problemei de cercetat. Începînd cu Physics and Philosophy (1957), Heisenberg se întreabă clar: cum ajungem noi la afirmațiile asupra realității? Spre deosebire de „realismul metafizic" al filozofiilor empiriste anterioare, Heisenberg este preocupat de justificarea epistemologică a propozițiilor noastre despre realitate, de întemeierea obiectivității lor. Schema conceptuală a fizicii clasice și „ontologia materialismului", derivată din ea, reprezentau

[5] W. Heisenberg, *Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft*, p. 80.

— consideră Heisenberg — cadre prea înguste pentru înțelegerea construcției cunoașterii în știința modernă, a raportului dintre structurile teoretice și existență. Noul concept de „realitate potențială" introdus de Heisenberg și ideile sale cu privire la trecerea de la posibil la real, de la potențial la factic, constituie, pe de o parte (în plan ontologic), expresia unei generalizări a ideii de realitate obiectivă — în sensul eliberării ei de determinările clasice și de cerința intuitivității —, iar pe de altă parte (în plan gnoseologic), o încercare de a răspunde la problema obiectivării, a atribuirii de semnificație fizică elementelor sistemului teoretic. După cum se știe, în fizica atomică obiectivarea cunoașterii științifice, respectiv procesul de trecere în cunoaștere de la condițiile specifice ale cercetării experimentale a sistemului fizic la condițiile obiective ale existenței lui în afara experimentului, nu mai reprezintă un proces simplu de extindere nemijlocită asupra obiectelor cercetării a unor atribute și relații scoase din experiența macroscopică, ea punînd în evidență în mod fundamental rolul activ al subiectului în acest proces, rol legat în special de condițiile de interacțiune a aparatelor de măsură cu microobiectele. La întrebarea „cum ajungem noi la o descriere obiectivă a lumii și, în particular, a lumii atomice" — arată Heisenberg — nu mai putem să dăm astăzi un răspuns plecînd de la credința caracteristică științei clasice, credință care întemeia ideea generală a acesteia despre obiectivarea cunoașterii, că „am putea să descriem lumea, în întregime sau parțial, fără a interveni deloc noi înșine asupra ei" [6]: o asemenea idealizare a întemeiat fizica clasică și a condus la ridicarea criteriului ei de obiectivitate la rangul de prim criteriu al valorii științifice a unei teorii. Deși mecanica cu-

[6] W. Heisenberg, *Physique et philosophie*, A. Michel, Paris, 1971, p. 51.

antică părăsește această idealizare și acest „criteriu de realitate“ [7], *introducînd esențial interacțiunea obiect-subiect în procesul obiectivării, totuși ea „nu comportă caracteristici cu adevărat subiective, întrucît nu introduce spiritul fizicianului ca parte a fenomenului atomic“* [8], *în ciuda faptului că „tranziția de la «posibil» la «real» are loc în timpul actului de observație“*[9]. *Aceasta e o consecință — spune Heisenberg — a modului în care are loc în teoria cuantică interpretarea teoretică a experienței, interpretare care comportă următoarele stadii: a) descrierea condițiilor experienței combinate cu o observație inițială în termenii fizicii clasice; în continuare se traduce această descriere în termenii funcției de probabilitate; b) urmărirea evoluției în timp a acestei funcții; c) enunțarea noii măsurători asupra sistemului pe care o vom face și al cărei rezultat se poate calcula plecînd de la funcția de probabilitate. „Funcția de probabilitate — scrie Heisenberg — combină elemente obiective cu elemente subiective: ea conține enunțuri asupra posibilităților sau asupra tendințelor cele mai probabile* (potentia, *în filozofia lui Aristotel), și aceste enunțuri sînt complet obiective nedepinzînd în nici un fel de observator; ea conține și enunțuri asupra a ceea ce noi nu știm despre sistem, care în mod natural sînt subiective, în măsura în care pot să difere de la un observator la altul. În cazurile ideale, elementul subiectiv al funcției de probabilitate poate fi practic neglijabil în comparație cu elementul obiectiv; fizicianul declară atunci că avem un «caz pur»“* [10]. *După Heisenberg, mecanismul de experimentare și rezultatul procesului de experimentare se pot exprima în termeni clasici, dar ceea ce se deduce dintr-o observație este o funcție de proba-*

[7] N. Bohr, op. cit., p. 80.
[8] W. Heisenberg, op. cit., p. 52.
[9] Ibid., p. 50.
[10] Ibid., p. 48.

bilitate, „o expresie matematică care combină afirmații asupra posibilităților sau tendințelor cu afirmații asupra cunoașterii faptelor ; astfel, noi nu putem să obiectivăm complet rezultatul unei observații, nu putem descrie ceea ce «se petrece» între această observație și următoarea“ [11]. *Ecuația de mișcare nu descrie un anumit fenomen, ci un ansamblu de fenomene ; selectarea fenomenului care s-a petrecut în realitate dintre cele posibile se realizează în actul observării, al interacțiunii obiectului cu aparatul de măsură. Atunci are loc „reducerea pachetului de unde“ ; în acel moment se trece de la posibil la real, în sensul că funcția de probabilitate care acoperă o largă gamă de posibilități se reduce brusc la o gamă mult mai îngustă prin faptul că experimentul a condus la un rezultat specific, că un anumit fenomen s-a produs efectiv. În formalismul teoriei această reducție cere ca ceea ce se numește interferența probabilităților, fenomenul cel mai caracteristic al teoriei cuantice, să fie distrusă de interacțiunile (parțial indefinibile și ireversibile) ale sistemului cu aparatul de măsură și cu restul lumii* [12]. *Funcția de probabilitate nu ne oferă „realitatea“ sau obiectualitatea fenomenului descris, a comportării microparticulei, realitatea fiind înțeleasă de Heisenberg ca o „calitate“* descrisă în termenii clasici *ai geometriei și cinematicii. Ea ne descrie o „posibilitate de a exista“ sau o „tendință de a exista“. Posibilitatea de obiectivare este concepută, de asemenea, ca posibilitate de acordare a unor „atribute fizice obișnuite“ (clasice) fenomenelor. În fața imposibilității de a le conferi în mod absolut unor fenomene, în condițiile în care „nu pot fi făcute distincții nete între comportarea obiectelor înseși și interacțiunea lor cu instrumentele de măsură“* [13], *aceste fenomene sau*

[11] W. Heisenberg, *Physique et philosophie*, p. 44.
[12] Ibid., p. 183—184.
[13] N. Bohr, op. cit., p. 82.

obiecte trebuie gîndite în termenii mai generali ai „posibilității" sau „tendinței spre existență". Aplicarea atributelor convenționale este legată de actul observației, al interacțiunii experimentale cu microobiectul, act care permite „legarea formalismului matematic al teoriei cuantice într-o manieră coerentă cu evenimentele reale în spațiu și timp" [14].

Ca și la Bohr sau Einstein, problema realității fizice apare la Heisenberg ca o „problemă internă" a fizicii ; ea vizează modul de atribuire a unei semnificații fizice variabilelor matematice din formalismul teoriei. „Criteriul de realitate" clasic, formulat explicit de Einstein, care servea ca un indiciu fundamental în acest proces, se întemeia pe o anumită înțelegere a raportului dintre teorie și realitate, o reprezentare care s-a dovedit esențial limitată în condițiile în care se modifică natura interacțiunii experimentale a obiectului de cercetat cu condițiile experimentării. Einstein formula criteriul de realitate, specific fizicii clasice, astfel : „dacă, fără a perturba în vreun fel un sistem, putem prevedea cu certitudine (adică cu o probabilitate egală cu unitatea) valoarea unei mărimi fizice, atunci există un element de realitate care corespunde acestei mărimi" [15]. Dar, așa cum argumenta Niels Bohr, formularea acestui criteriu implica o „ambiguitate esențială", de fapt, o idealizare absolută (redată prin fraza „fără a perturba într-un mod oarecare un sistem"), care nu se poate susține în cazul teoriei cuantice unde „interacțiunea finită dintre obiect și aparatele de măsură este condiționată de însăși existența cuantei de acțiune" [16]. Ca urmare „se impune revizuirea radicală a atitudinii noastre față de problema realității fizice" (Bohr), revizuire care, pentru Heisenberg, constă în aceea că nu putem să ne mai între-

[14] W. Heisenberg, *Physique et philosophie*, p. 177.
[15] N. Bohr, *Op. cit.*, p. 79.
[16] N. Bohr, *Op. cit.*, p. 80.

băm ce se petrece cu microobiectul „în realitate" în cursul unui fenomen atomic între două observații succesive; cu alte cuvinte, în afara observației microobiectul nu poate fi descris clasic, *nu poate fi reprezentat comportamentul său în termeni clasici. Pe un plan mai general, atunci cînd Heisenberg vorbește de imposibilitatea concilierii teoriei cuantice cu „ontologia materialismului" (avînd în vedere mereu materialismul metafizic), deoarece particulele elementare „nu pot exista în același fel în care există pietrele sau arborii, indiferent dacă le observăm sau nu"* [17], *el are în vedere, de asemenea, o existență descrisă cu ajutorul „atributelor convenționale", clasice, geometrice și cinematice. Or, „acest gen de existență, «realitatea directă» a lumii care ne înconjoară, nu se poate extrapola pînă la ordinul de mărime al atomului"* [18].

Interpretarea realității se bazează în concepția lui Heisenberg pe locul și rolul atribuit conceptelor clasice, cadrului conceptual al fizicii clasice în cunoașterea fizică în general. Aceste concepte reprezintă „presupoziții ale oricărei experiențe", „singurele instrumente care ne permit să comunicăm fără ambiguitate gîndurile noastre asupra fenomenelor, asupra organizării experiențelor și a rezultatelor acestora. Dacă i se cere deci unui atomist să ofere o descriere a ceea ce se petrece realmente în experiențele sale, cuvintele «descriere», «realmente», «se petrece», nu ar putea să privească decît conceptele vieții cotidiene sau ale fizicii clasice; ...orice afirmație asupra a ceea ce «s-a petrecut în realitate» este o afirmație în termenii conceptelor clasice". De aceea, a cere „să se descrie ceea ce se petrece în procesele atomice este o contradicție in adjecto, *întrucît termenul «a descrie» se referă la folosirea conceptelor clasice, în timp ce aceste concepte nu se*

[17] W. Heisenberg, Op. cit., p. 165.
[18] Ibidem, p. 188.

pot aplica în intervalul care separă două observații, ci numai în punctele observării" [19]. *În procesul construirii semnificației fizice a teoriei cuantice ne sprijinim în mod inevitabil pe acele elemente ale cadrului nostru conceptual care ne permit în general să avem acces la realitate: conceptele clasice, rafinări și idealizări ale celor obișnuite. Ele reprezintă — după Bohr și Heisenberg — un a priori metodologic pentru mecanica cuantică, în timp ce această teorie, pe de altă parte, pune în evidență limitarea principială a folosirii lor în descrierea fenomenelor cuantice. Această situație decurgînd din maniera specifică de „punere a problemelor" în teoria cuantică a fost caracterizată astfel de L. Landau și E. Lifșiț: „În mod obișnuit, o teorie mai generală poate fi formulată într-o modalitate logic închisă independent de o teorie mai puțin generală, care este un caz-limită al său. Astfel, mecanica relativistă poate fi construită pe principiile sale fundamentale fără să se facă apel la principiile newtoniene. În ceea ce privește formularea principiilor fundamentale ale mecanicii cuantice, ea este funciar imposibilă fără intervenția mecanicii clasice... Astfel, mecanica cuantică ocupă o poziție extrem de originală în cadrul teoriilor fizice: ea conține mecanica clasică ca un caz-limită și, în același timp, ea are nevoie de acest caz-limită pentru a putea fi întemeiată"* [20]. *Tocmai această particularitate metodologică a mecanicii cuantice necesită generalizarea ideii de realitate: în afara momentului observării, sistemele cuantice nu pot fi reprezentate sub forma unor obiective intuitive, strict localizate în spațiu și timp, mișcîndu-se pe traiectorii determinate etc. Suspendarea acestor determinări intuitive ne obligă să considerăm fenomenele cuantice ca „realități potențiale", „tendințe" etc.*

---

[19] W. Heisenberg, op. cit., p. 187—188.

[20] L. Landau, E. Lifșiț, *Mécanique quantique*, Editions Mir, Moscova, 1966, p. 9—10.

În legătură cu rolul atribuit conceptelor clasice în construcția semnificației fizice a teoriei cuantice, fizicienii și filozofii marxiști au pus în evidență o limitare esențială a viziunii lui Bohr și Heisenberg asupra obiectivării și a progresului cunoașterii. „Recunoscînd întreaga necesitate și importanță a unor asemenea considerații (referitoare la limitarea aplicabilității conceptelor clasice în fizica atomică — n.n.) — scria V. A. Fock — trebuie totuși să regretăm faptul că Bohr nu indică ieșirea din această situație, nu spune care trebuie să fie noile concepte (fizice, intuitive) nu doar simbolice, care trebuie să ia locul celor clasice și nu subliniază posibilitățile nelimitate de rafinare a descrierii obiectelor atomice cu ajutorul noilor concepte" [21]. *Comentînd studiul lui W. Heisenberg „Evoluția conceptelor în fizica secolului al XX-lea", M. E. Omelianovski subliniază că și W. Heisenberg vede progresul teoretic ca realizîndu-se în primul rînd prin limitarea sferei de aplicabilitate a conceptelor clasice, prin acomodarea noțiunilor clasice la aparatul matematic nou* [22]. *I s-ar putea obiecta lui Heisenberg — pe un plan mai general — că nu aplică și în cazul conceptelor de „descriere", „obiectivare", ceea ce considera el însuși a fi una din lecțiile istoriei științei: „Progresul științei se realizează nu numai prin aceea că ne devin cunoscute și înțelese noi fapte, ci și prin aceea că noi învățăm mereu ce semnificație poate avea termenul «a înțelege»"* [23]. *În înțelegerea obiectivării cunoașterii, materialismul dialectic nu rămîne la critica realismului naiv și a conceptelor științifice clasice, — la poziția pe care se situează Heisenberg —, ci propune o modalitate constructivă*

---

[21] *Uspehi fiziceskih nauk*, t. 66, 4, Moscova, 1958, p. 600.

[22] M. E. Omelianovski, în *Voprosî filosofii*, nr. 1, 1975.

[23] W. Heisenberg, *Der Teil und das Ganze*, München, DTV, 1973, p. 149.

de înțelegere a acestui proces, în care ideea de invariant devine un criteriu mai profund în judecarea elaborării cunoașterii obiective. Conceptul de „realitate potențială" — formulat de Heisenberg — are, pe de o parte, un sens negativ: el indică necesitatea eliberării ideii de realitate fizică de determinările ei clasice, de exigența intuitivității, urmare a faptului că orizontul de realitate descris matematic de teoria cuantică nu mai poate fi reprezentat „în sine" prin conceptele geometrice și cinematice clasice. Acest concept are, pe de altă parte, și un sens pozitiv: el indică o direcție posibilă a generalizării ideii de realitate fizică. Heisenberg, deși insistă în special asupra sensului negativ al conceptului, oferă și câteva ilustrări ale valențelor lui constructive, explicative. El poate fi folosit în interpretarea unor aspecte ale logicii teoriei cuantice, dezvăluite în lucrările lui C. F. von Weizsäcker, în special a ideii de „stări coexistente" (descrise de afirmațiile complementare) (p. 179). Conceptul „extrem de abstract al realității doar potențiale" reprezintă, după Heisenberg, „nucleul interpretării teoretice" într-o serie de alte domenii ale științei, cum ar fi chimia, biologia etc. (p. 180, 199). Maniera propusă de Heisenberg pentru înțelegerea realității fizice cu ajutorul conceptului de „realitate potențială" este — după V. A. Fock — adecvată specificului matematic și experimental al teoriei cuantice [24]. În același timp, fizicianul G. Feinberg sublinia valoarea acestei idei, a raportului dintre posibil și real, în înțelegerea structurii sistemelor de particule elementare [25]. Modificarea ideii de realitate poate oferi, de asemenea, un sprijin teoretic-filozofic ideii uni-

[24] Vezi V. A. Fock, în *Voprosî filosofii*, nr. 1, 1971.

[25] G. Feinberg, *Philosophical Implications of Contemporary Particle Physics*, în R. G. Colodny (ed.), *Paradigms and Paradoxes, The Philosophical Challenge of the Quantum Domain*, Univ. of Pittsburgh Press, 1972, p. 39—43.

tății universului fizic ; ea a constituit de altfel premisa filozofică a teoriei unitare a particulelor elementare propusă de W. Heisenberg. În toate aceste direcții se va putea urmări și testa în viitor capacitatea productivă a ideii de „realitate potențială". Recent s-a sugerat, de asemenea, o conexiune posibilă a conceptului de „realitate potențială" propus de Heisenberg cu unele tentative de a depăși formularea tradițională, „clasică" a mecanicii cuantice : în cadrul acestora se propune o dinamică cuantică în care „spațiul", „timpul" și „substanța" sînt înlocuite printr-un singur concept prim, acela de „proces" [26]. *Evident, concepția despre realitatea fizică a lui W. Heisenberg, solidară cu o interpretare specifică a teoriei cuantice, este doar una dintre alternativele actuale din mecanica cuantică și din filozofia acesteia ; este sarcina cercetărilor fizice și de teoria fundamentelor care vor urma să valideze una dintre aceste interpretări. Se poate semnala faptul că în prezent există formulări axiomatice ale teoriei cuantice (Jauch, Piron, Drieschner) în care rolul geometriei și al conceptelor clasice de spațiu și timp se deosebește de acela pe care-l postulează Bohr și Heisenberg* [27]. *Stadiul actual al cercetărilor nu permite aprecierea mai exactă a acestor raporturi și dependențe.*

Generalizarea ideii de realitate fizică propusă de Heisenberg este, așa cum argumentează și H. Hörz, în acord cu modalitatea în care este abordată realitatea obiectivă în concepția materialist-dialectică. „În ciuda exprimărilor idealiste și a polemicii vremelnice cu materialis-

---

[26] R. Giles, *Process Quantum Theory*, în *J. Math. Phys.*, **11**, 2139 (1970).

[27] Despre alte interpretări ale teoriei cuantice și ale problemei realității fizice vezi și : J. M. Jauch, *Are Quanta Real ? A Galilean Dialogue*, Indiana U. P., 1973 ; M. Bunge, *Philosophy of Physics*, Dordrecht-Holland, 1973 ; K. Popper, *Quantum Theory without the „Observer"*, în M. Bunge (ed.), *Quantum Theory and Reality*, Springer, Berlin, 1967.

mul dialectic — scrie H. Hörz —, Heisenberg se apropie de o concepție materialistă și dialectică asupra naturii". Materialismul său se manifestă în „recunoașterea realității obiective și a unității materiale a lumii, în sublinierea caracterului obiectiv al legilor naturii" [28]. *În teoria sa asupra raportului dintre posibil și factic, Hörz vede o „recunoaștere implicită a realității obiective, nu în sensul materialismului mecanicist, ci ca reprezentînd totalitatea proceselor obiective existente în afară și independent de conștiința umană, pe care mintea umană le cunoaște"* [29].

Critica de către Heisenberg a ideii de corporalitate în înțelegerea materiei este corelată de Hörz cu modul lui Lenin de a formula problema materialității lumii, în care în definirea materiei se renunță complet la corporalitate sau altă caracteristică sensibilă, în general la orice însușire descoperită de științele naturii [30]. *Înțelegerea materiei din care dispare atributul corporalității ca element definitoriu, în general orice alte „atribute sensibile" ale materiei, renunțarea la exigența reprezentării intuitive a oricăror forme ale ei, sau la definirea existenței obiective printr-o anumită însușire descoperită de științele speciale, toate acestea caracterizează concepția materialist-dialectică asupra materiei. Definiția „materiei" formulată de Lenin în „Materialism și empiriocriticism" are comun cu conceptul de „realitate potențială" introdus de Heisenberg o anumită manieră de a pune problema realității, în care se renunță radical la viziunea substanțialistă, esențialistă proprie materialismului metafizic anterior. „Materia" nu mai este definită de Lenin printr-o listă de caracteristici „obiective", „esențiale", de atribute proprii unei existențe „în sine", de predicate despre existență independent de modul în care aceasta interacționează cu omul.*

[28] H. Hörz, *op. cit.*, p. 293.
[29] Ibid., p. 140.
[30] Ibid., p. 99.

„Materia" se definește la Lenin printr-o anumită raportare a omului la existență; ea exprimă o anumită atitudine a omului față de lumea externă. Așa cum arată Lenin, „materia" desemnează existența obiectivă în raport cu conștiința și experiența umană, și anume primordialitatea în raport cu conștiința, inteligibilitatea și netranscendența ei. Aceste determinări nu mai reprezintă „proprietăți intrinseci", „calități primare", atribute absolute de genul însușirilor postulate pentru materie (= substanță) în cadrul materialismului mecanicist (corporalitate, impenetrabilitate etc.). Prin aceste elemente definiția conceptului de materie exprimă în primul rînd o atitudine filozofică determinată, proprie materialismului; ea reprezintă în termenii cei mai generali raportul omului cu existența, servind la înțelegerea locului omului în univers, a poziției lui în lume. Evident, definiția lui Lenin nu exprimă complet conținutul categoriei de materie. Pentru aceasta este necesară expunerea corelațiilor „materiei" cu celelalte modalități de a determina categorial structura și dinamica existenței. Definiția lui Lenin reprezintă o formulare consecventă a cadrului general al perspectivei materialiste asupra existenței, punctul de plecare al coordonării diferitelor abordări particulare ale problemei realității. Determinarea structurii și proprietăților realității obiective se realizează progresiv, la diferite nivele de interacțiune practică a omului cu lumea externă, sub forma unor „orizonturi de realitate" solidare cu „orizonturile de cunoaștere" corespunzătoare. În acest sens putem interpreta ideile lui Heisenberg de genul următor: „pentru științele naturii obiectul cercetării nu-l mai reprezintă natura în sine, ci natura supusă întrebărilor omului" *(p. 120), „vechea împărțire a lumii într-o existență care se desfășoară obiectiv în spațiu și timp, pe de o parte, și într-un spirit în care se reflectă această dezvoltare, pe de altă parte*

— *așadar împărțirea lui Descartes în* res cogitans *și* res extensa — *nu mai corespunde ca punct de plecare în înțelegerea științelor moderne ale naturii" (p. 127—128). Determinarea realității fizice și obiectivarea nu se mai pot astfel realiza în teoria cuantică neglijînd rolul activ al omului, corelația lor cu anumite niveluri și proceduri experimentale.*

Deși s-a semnalat această concordanță în maniera de punere a problemei realității fizice între perspectiva lui Heisenberg și aceea a filozofiei materialist-dialectice (abordarea constructivă, necontemplativă), trebuie totuși să subliniem că avem de-a face aici cu două probleme relativ distincte, care țin de modalități și nivele diferite de reflecție: pe Heisenberg îl interesează realitatea fizică ca temă a filozofiei științei, ca „problemă internă" a cunoașterii fizice; concepția filozofică materialist-dialectică vizează însă prin ideea de materie existența în înțelesul ei filozofic cel mai general. Aceste două concepte îndeplinesc funcții diferite: ideea de realitate fizică, precizată sub forma unor „criterii de realitate" (Einstein, Bohr) servește la înțelegerea corespondenței dintre teorie și real, a modului de construire a semnificației fizice a unui formalism matematic; conceptul de materie, definit de Lenin într-o manieră specific filozofică, servește la înțelegerea la cel mai înalt grad de generalitate a problemei existenței, a raportului dintre om și realitate.

Examinarea concepției lui Heisenberg asupra realității fizice, care definește esențialul concepției lui filozofice, poate oferi puncte de plecare pentru abordarea altor teme ale gîndirii sale filozofice, în particular a „platonismului" său. Platonismul, atît de manifest în opera teoretică sau în reflecțiile sale filozofice, în teoria unificată a particulelor elementare sau în autobiografia sa spirituală, Der Teil und das Ganze *(cartea în care Heisenberg a încercat*

să-și întemeieze și să-și justifice concepția sa filozofică, apreciată de C. F. von Weizsäcker ca reprezentînd „singurele dialoguri cu adevărat platonice cunoscute în epoca modernă“ [31]), acest platonism reprezintă pentru Heisenberg mai mult decît o concepție filozofică despre structura existenței și despre legitimitatea cunoașterii, el definește și o atitudine morală. Mulți exegeți ai operei lui W. Heisenberg (H. Hörz, C. F. von Weizsäcker, A. Hermann) au remarcat faptul că platonismul său reprezintă, în esență, o viziune gnoseologică și mai puțin una ontologică. El înseamnă o căutare a unei modalități noi de a înțelege relația teoriei cu realitatea, problema întemeierii și validării legilor științei matematizate. Prin afirmațiile sale „platonice“ Heisenberg își exprimă refuzul de a accepta interpretarea empiristă a științei, dominantă în epistemologia nemarxistă contemporană sub forma pozitivismului logic și dovedită neadecvată ca explicație a valabilității legilor matematice ale fizicii. „Recursul“ la Platon semnifică tocmai o subliniere a valorii abstracției idealizante în știința actuală, a rolului constitutiv al structurilor și ipotezelor matematice în cunoașterea fizică. Această interpretare epistemologică a platonismului lui Heisenberg se întemeiază și pe argumente de ordin istorico-filozofic. Este vorba de faptul că prin afirmația sa conform căreia în Timaios avem „începutul decisiv al științei matematice a naturii“ (p. 234), care poate fi considerată expresia cea mai adîncă a modului cum se raportează Heisenberg la Platon, el se înscrie într-o anumită manieră de interpretare a lui Platon inițiată de „Școala de la Marburg“ (P. Natorp, H. Cohen), însușită și răspîndită de N. Hartmann, E. Cassirer, Al. Koyré ș.a. În interpretarea marburgheză Platon devine autorul principiului metodologic funda-

[31] C. F. von Weizsäcker, *Platonische Naturwissenschaft im Laufe der Geschichte*, Göttingen, 1971, p. 4.

mental al științei moderne, acela al unității dintre experiment și ipoteza matematică. Această interpretare a fost posibilă prin reducerea filozofiei platonice la metodă, a ideilor la ipoteze, a teoriei ideilor la o doctrină a științei, excluzîndu-se sensul ei de teorie a naturii. „Ideile nu înseamnă lucruri, ci metode" [32]. În această interpretare Platon contribuie la înțelegerea științei moderne prin mijlocirea lui Kant. Ideile devin, pentru a se acorda spiritului acestuia, „condiții ale posibilității experienței". Numai astfel pot ele servi la înțelegerea raportului dintre „coroborarea empirică a științei moderne și imposibilitatea întemeierii ei empirice"[33]. Neokantienii transpuneau asupra filozofiei lui Platon un mod ipotetic de a concepe cunoașterea, care deși a fost prefigurat în antichitate în lucrările lui Eudox, nu a fost caracteristic pentru Platon și Aristotel, nu a reprezentat un model efectiv al cunoașterii. Dimpotrivă, știința antică a fost dominată de idealul categoric-deductiv, formulat de Aristotel și anticipat de Platon. Nu dorim să considerăm în detaliu această interpretare neokantiană a lui Platon [34]. Ne-am referit la ea doar pentru a evidenția faptul că, acceptînd-o, Heisenberg recepționează și invocă concepția lui Platon de pe o poziție în primul rînd epistemologică: încrederea lui Heisenberg în rolul structurilor posibile și al simetriei în raționalizarea realului, credința sa că fizica contemporană trebuie construită pe ipoteza că legile de bază ale naturii sînt simetrice, invariante față de aplicarea unor grupuri de simetrie determinate. Teza lui Heisenberg „fizica modernă a decis în favoarea lui Platon și nu a lui Democrit" trebuie înțeleasă în sensul afirmării faptului că ceea ce trebuie să considerăm

[32] P. Natorp, *Platos Ideenlehre*, Leipzig, 1921, p. 221.
[33] C. F. von Weizsäcker, Op. cit., p. 25.
[34] Vezi pentru aceasta J. Mittelstrass, *Die Rettung der Phänomene, Ursprung und Geschichte eines Antikes Forschungsprinzip*, Berlin, 1962.

drept principiu fundamental pentru explicarea „structurilor fundamentale ale materiei" (p. 240, 241), pentru cercetarea particulelor elementare ca și a cosmosului nu este existența unor ultime corpuri determinate, a unor obiecte fizice în sensul obișnuit al cuvîntului, a unei substanțe fundamentale în înțelesul ei clasic, ci existența unor legi diferențiale, legi ale schimbării, care determină stările posibile ale obiectelor. În același timp, teza sa vizează necesitatea părăsirii, în cercetarea particulelor elementare, a intuițiilor calitative, a modelelor iconice, pentru a se apropia de realitatea complexă a acestei lumi prin mijloacele mai abstracte ale matematicii.

Platonismul lui Heisenberg, ca viziune raționalist-matematistă asupra cunoașterii, se opune explicației empiriste a științei. În raporturile sale cu pozitivismul Heisenberg a avut o atitudine și o evoluție asemănătoare cu Einstein; fără să fi fost vreodată adepți ai acestei doctrine, ei au folosit la început, în construirea teoriei relativității, respectiv a mecanicii cuantice, o exigență metodologică care părea de tipul celor formulate de pozitiviștii logici: principiul observabilității; acesta l-a dus pe Einstein la părăsirea reprezentărilor asupra spațiului și a timpului absolut, iar pe Heisenberg la renunțarea la ideea traiectoriei deplasării electronului. Concepția lor a evoluat apoi spre critica deschisă a concepțiilor lui Mach sau ale pozitiviștilor actuali, critică însoțită de renunțarea la unele formulări sau teze subiectiviste — referitoare la „incontrolabilitatea interacțiunii subiect-obiect", la „generarea fenomenelor obișnuite prin observații repetate" etc. — și afirmarea unor idei materialiste: ideea caracterului obiectiv al legilor fizice, recunoașterea unității materiale a lumii ș.a. Detașarea lui Heisenberg de pozitivism se poate observa mai clar dacă se cercetează concepția sa asupra structurii și dinamicii teoriilor științifice, ideile sale

privind natura abstracțiilor științifice (concepția sa asupra „desfășurării structurilor abstracte" — p. 191 — reprezintă o variantă de realism epistemologic apropiată de vederile actuale ale lui K. Popper [35]), obiectivitatea matematicii și fizicii, rolul limbajului în cunoaștere, crearea unor noi concepte în știință, relațiile interteoretice și progresul cunoașterii, principiile care ghidează acceptarea ipotezelor matematice în fizică. Toate aceste idei și teorii ale lui Heisenberg necesită o analiză mult mai profundă decît permite cadrul de față. Ele se înscriu printre cele mai remarcabile produse ale reflecției contemporane asupra științei, influențînd hotărîtor orientarea cercetărilor în acest domeniu, cercetări care au revoluționat concepția actuală despre structura și evoluția științei.

În lucrarea lui Heisenberg se întîlnesc și o serie de teze filozofice, de afirmații sau argumentări mai puțin întemeiate. În multe cazuri ideile sale, formulate cu o anumită ambiguitate și imprecizie, pot genera interpretări subiectiviste sau pozitiviste. Astfel, repetatele sale afirmații asupra nerelevanței categoriilor de materie și de realitate — proprii filozofiei materialiste — pentru noua situație teoretică și experimentală din fizica actuală au oferit punctul de plecare al unor concepții idealiste subiectiviste. Heisenberg, ca și alți oameni de știință contemporani nemarxiști, în afirmațiile sale asupra materialismului nu ia în considerare deosebirea profundă între structura conceptuală și maniera de a pune problemele proprii materialismului dialectic și acelea care erau caracteristice materialismului metafizic și mecanicist, deosebirea esențială între categoria de materie, definită în cadrul filozofiei marxiste, și aceea proprie materialismului anterior. Asemenea afirmații ale lui Heisenberg nu sînt consecvente

---

[35] K. Popper, *Epistemologie fără subiect cunoscător*, în *Epistemologie. Orientări contemporane*, Editura politică, București, 1974.

cu contribuțiile lui pozitive în problema realității fizice, contribuții care se înscriu într-o perspectivă de gîndire în general materialistă, cu importante elemente dialectice. De multe ori neînțelegerile reciproce și polemica dintre Heisenberg și unii filozofi sau fizicieni marxiști s-au datorat — după cum recunoaște și Heisenberg — unor întrebuințări diferite ale termenilor limbajului. Textele lui Heisenberg, ca de altfel și acelea ale lui Bohr, Einstein, Dirac sau Pauli, nu pun întotdeauna problemele filozofice în maniera și în termenii specifici discursului filozofic. Este destul de greu uneori să se distingă exact sensul principal, intenția teoretică a unor afirmații filozofice ale acestor oameni de știință. Cu o remarcabilă intuiție Einstein sfătuia pe istoricii și filozofii științei ca în asemenea ocazii să nu se conducă după „ceea ce spun" fizicienii, ci să analizeze „ceea ce fac" [36] ei, să reconstruiască filozofia subiacentă marilor lor creații științifice, cadrul conceptual general, presupozițiile filozofice ale ipotezelor lor. Analizele efectuate de oamenii de știință, produse ale reflecției directe, nemijlocite, asupra propriilor lor descoperiri, pot să nu reconstruiască obiectiv ideile și structurile filozofice implicate în opera lor; în acest sens ele au și fost adesea corectate prin analizele logice, formalizante sau istorico-critice, care au reconstruit mai exact structura și semnificația diferitelor revoluții teoretice.

Un loc special ar trebui acordat discutării aprecierilor generale ale lui Heisenberg asupra științei ca fenomen social și cultural. Sînt remarcabile străduințile lui — teoretice și practice — de a face din știință „un mijloc de înțelegere între popoare", de a promova dialogul și cooperarea în domeniul cercetării științifice internaționale (activitatea sa în fruntea Funda-

[36] A. Einstein, *Asupra metodei fizicii teoretice*, în *Epistemologie. Orientări contemporane*, Editura politică, 1974, p. 366.

ției „Al. von Humboldt" sau a unor importante organisme științifice internaționale — CERN ș.a. — a fost consacrată tocmai acestor obiective), de a integra rezultatele științei în cîmpul complex al valorilor generale ale culturii.

În operele lui Heisenberg, ca și în ale altor mari fizicieni ai secolului nostru, un loc important îl ocupă problema raportului dintre știință și religie. În cadrul volumului de față nu întîlnim o formulare explicită a concepției lui Heisenberg pe această temă, ci doar o expunere succintă a ideilor lui W. Pauli. În ultima sa carte, „Der Teil und das Ganze", autobiografia sa spirituală, Heisenberg consacră două capitole speciale raportului dintre știință, religie și filozofie. Construită sub forma unor „dialoguri platonice", această lucrare reia principalele discuții asupra religiei purtate în numeroase ocazii de Heisenberg cu A. Einstein, N. Bohr, P. Dirac, W. Pauli, C. F. von Weizsäcker și cu alți fizicieni. Dacă pentru M. Planck — scrie Heisenberg — știința și religia reprezentau două forme ale culturii compatibile întrucît se raportau la domenii complet distincte, lumea materială, obiectivă și lumea subiectivă, a valorilor, iar dacă pentru Einstein „religiozitatea" denota acel sentiment adînc al unității lumii și al simplității legilor existenței, acea „convingere în raționalitatea existenței și în accesibilitatea ei pentru mintea umană" fără de care „știința ar degenera într-un empirism lipsit de suflet" [37], pentru Dirac religia nu constituie decît un complex de „afirmații false" care nu posedă în realitate nici un fel de întemeiere, prezența lor în epoca actuală datorîndu-se în primul rînd unor cauze sociale și de clasă, interesului celor bogați de a „liniști poporul, pe oamenii simpli" pentru a-i conduce și exploata mai ușor" [38]. În acest spectru de poziții, ideile lui W. Heisenberg

[37] A. Einstein, *Lettres à Maurice Solovine*, Paris, 1956, p. 103.

[38] W. Heisenberg, *Der Teil und das Ganze*, p. 104.

despre religie se apropie mai mult de opiniile lui Einstein. Departe de a înțelege în toată complexitatea ei funcția socială și de clasă a religiei, Heisenberg nu este de acord cu concepția lui Dirac, considerînd-o o interpretare „ideologică" a religiei. Pentru Heisenberg, religia joacă un rol important în cadrul oricăror comunități umane, ea le oferă o „limbă comună în care se poate vorbi despre moarte și viață, despre marile corelații" ; în istoria acestor comunități religia a dezvoltat sentimente profunde, forme spirituale și valori care le-au asigurat unitatea și coerența. Alături de asemenea aprecieri ale funcțiilor sociale ale religiei, în care își pune adînc amprenta contextul cultural-istoric în care s-a format și a gîndit Heisenberg, în modul în care el se raportează la religie găsim și unele teze care izvorăsc din reflecțiile sale epistemologice asupra fizicii atomice. Heisenberg consideră că nu se poate separa net domeniul subiectiv, al religiei, de domeniul obiectiv, al științei, întrucît în știința modernă, mai ales în teoria cuantică, separația generală subiectiv-obiectiv nu se mai poate realiza în mod absolut [39]*. În acest sens, materialismul și raționalismul din secolele anterioare plecau de la un ideal-limită, de la conceperea unei realități date, independent de modul în care se relevă ea subiectului în practica științifică și, pe de altă parte, de la o separare netă a cunoașterii de credință, a adevărului științific de alte valori. În aprecierea sensului și conținutului acestei „credințe" Heisenberg este, însă, ca și Einstein, departe de a accepta un punct de vedere mistic sau dogmatic. Sentimentul religios reprezintă pentru el un fel metaforic de a desemna o opțiune de ordin valoric, o anticipație sau o presupoziție filozofică a științei, acea trăire nemijlocită a unității și simplității existenței, a marilor corelații ale existenței sau „postulatul*

[39] Ibidem.

unei ordini a cosmosului diferită de lumea fenomenelor și independentă de voința noastră" (p. 39). Convingerea și trăirea directă a ordinii și unității lumii îi apar lui Heisenberg ca o presupoziție de ordin mai înalt a științei, care nu are același criteriu de adevăr cu propozițiile și ipotezele teoretice și care nu poate fi formulată în „limbajul obiectivant" al acestora, ci, mai degrabă, în imagini și metafore. Asemenea presupoziții și opțiuni au fost respinse de pozitivism și pragmatism ca lipsite de semnificație și conținut real. Pentru Heisenberg ele reprezintă elemente indispensabile științei, deși nu apar nemijlocit în structura finală a acesteia. Ele joacă un rol analog numerelor iraționale sau infinitului în matematică, acelor entități mai abstracte postulate pentru înțelegerea mai ușoară și unificarea superioară a unor corelații reale, fără însă ca ele să fie cuprinse nemijlocit în țesătura lor reală. În mod asemănător — scrie Heisenberg —, „cuvîntul există din religie trebuie înțeles ca o ridicare la o treaptă mai înaltă a abstracției. Această ridicare trebuie să ne facă să înțelegem mai ușor corelațiile lumii, nimic în plus. Corelațiile sînt însă întotdeauna reale, indiferent cu ce forme intelectuale încercăm să le cuprindem" [40].

În concepția lui Heisenberg cu privire la raportul dintre știință și religie trebuie astfel să distingem mai multe aspecte. O serie de considerații mai mult de gen epistemologic nu se referă la religie în sensul comun al termenului, ci la ceea ce el și Einstein denumesc „religiozitatea" savantului. Prin acest termen Heisenberg desemnează — impropriu — o totalitate de intuiții, opinii, motive subiective, anticipări sau atitudini ale oamenilor de știință, implicate în actul creației științifice, dar neformulate pe deplin explicit. Tot acest complex de elemente ale „proceselor intelectuale de creație

[40] Ibidem.

pentru care nu există încă o formulare rațională" (p. 38) poate juca un rol important în trecerea de la experiență la legile teoretice (sau în interpretarea formalismului matematic). Așa cum au arătat o serie de studii de istoria științei (Al. Koyré, G. Holton, St. Toulmin, B.G. Kuznețov), aceste opțiuni, „intuiții arhetipale", imagini plastice, anticipări filozofice, „idealuri" ale ordinii naturale etc. au reprezentat componentele indispensabile ale creației științifice în opera unor mari fizicieni din trecut (Keppler, Galilei, Newton, Leibniz); sub influența puternică a mentalității religioase unii dintre ei le desemnau însă prin termeni împrumutați limbajului religiei. Această tradiție o continuă oarecum și Einstein sau Heisenberg.

Împotriva pozitivismului care vroia să traseze o linie de demarcație netă, pe baza unor criterii apriorice, între știința propriu-zisă, reprezentînd cunoașterea obiectivă, verificabilă, și filozofia sau reflecția „metafizică", „netestabilă", Heisenberg recunoaște ponderea și semnificația substructurii filozofice a științei, a presupozițiilor sau anticipărilor neexplicite, amalgamate în intuiția sau simțul critic al savantului. Critica pe care Heisenberg o face empirismului pozitivist nu înseamnă o recunoaștere a unor granițe ale științei, ale gîndirii teoretice sau a unei „iraționalități" a existenței, ci doar sublinierea rigidității filozofice a metodologiei pozitiviste care dorea să formuleze și formalizeze întreaga cunoaștere în cadrele prea înguste ale logicii formale matematizate [41].

Legătura pe care o stabilește Heisenberg între recunoașterea rolului acestor elemente preteoretice ale științei și evoluția recentă a fizicii indică în primul rînd faptul că pe ambele planuri s-a relevat mai direct rolul activ al subiec-

[41] Vezi W. Heisenberg, ***Physique et Philosophie***, p. 95.

tului în cunoaștere, contribuția lui anticipativă și constructivă sporită în procesul cercetării.

Recunoașterea tuturor acestor „prealabili" ai științei nu este însă dublată la Heisenberg de o analiză filozofică și metodologică diferențiată din punctul de vedere al posibilității de explicitare într-o filozofie sistematică, reflexivă; nu întîlnim un studiu asupra rolului lor în diferite momente ale construcției cunoașterii, nici asupra modului în care aceștia se formează în experiența cercetătorilor sau a comunităților științifice. Remarcăm însă faptul că poziția lui Heisenberg, deși formulată ambiguu și nedezvoltată analitic, nu reprezintă un punct de vedere irațional ist. Dimpotrivă, Heisenberg consideră ca elemente dominante ale acestei „religiozități" sau „trăiri subiective" a savantului încrederea lui în raționalitatea, ordinea și unitatea existenței.

O altă serie de afirmații ale lui Heisenberg se referă la rolul social și cultural al religiei (în sensul obișnuit al termenului). Luînd în considerare contribuția pe care instituțiile religioase au avut-o în unele momente în viața popoarelor atît pe planul culturii cît și ca factori de coeziune a comunităților umane, trebuie însă să subliniem faptul că, în aprecierea rolului social-istoric al religiei, Heisenberg supraevaluează ponderea acestor elemente, considerînd simple „răstălmăciri politice" argumentele de genul celor formulate de Dirac, prin care se evidențiază pregnant caracterul de clasă și funcția ideologică negativă a religiei în societățile întemeiate pe existența claselor antagoniste. În opoziție cu teza lui Heisenberg, filozofia marxistă nu vede în conștiința nereligioasă, în ateism, pierderea unor valori morale sau culturale ale comunităților umane. Dimpotrivă, întemeierea pe știință și pe filozofia materialist-dialectică a concepției despre lume a oamenilor constituie temeiul formării unei scări de valori, a unor idealuri superioare de viață.

Ateismul nu-i îndepărtează pe oameni nici de natură, nici de valorile înalte ale vieții. Așa cum spunea L. Feuerbach în „Prelegeri despre esența religiei", una dintre acuzațiile cele mai comune aduse ateismului este aceea că el ar „distruge sau ignora o cerință umană esențială, și anume cerința recunoașterii și venerării autorității, ceea ce ar face pe om egoist și trufaș". Dimpotrivă — scria el — „ateismul, deși suprimă eminența teologică asupra omului, nu suprimă în mod necesar și eminența morală asupra lui. Eminența morală este idealul pe care orice om trebuie să și-l pună dacă el speră să înfăptuiască ceva ; dar acest ideal este — și trebuie să fie — un ideal și un scop uman. Eminența naturală asupra omului este natura însăși". Comentînd acest pasaj, Lenin notează în Caiete filozofice : *„Ateismul nu suprimă nici* das moralische Über (= *das Ideal*) * *nici* das natürliche Über (= *die Natur*) ** *"* [42]. *Concepția despre lume ateist-științifică, fundamentată pe filozofia materialist-dialectică, oferă astfel un model care integrează organic explicația lumii exterioare ca un sistem de norme și valori superioare ale vieții ; prin însușirea lui — spunea A. Gramsci — oamenii pot deveni pentru prima oară participanți conștienți la crearea istoriei universale.*

Nu ne-am propus aici să oferim o privire sintetică asupra întregii activități teoretice, filozofice și sociale a lui Heisenberg. Nu putem însă încheia fără a sublinia atitudinea umanistă consecventă a savantului atomist, reliefată pregnant de comportarea sa în timpul celui de „al treilea Reich", de conflictul direct cu adepții „fizicii germane" (o diversiune șovinistă în domeniul fizicii, reprezentată de Ph. Lenard și J. Stark,

---

* supremul moral (= idealul) — (N.t.)

** supremul natural (= natura) — (N.t.)

[42] V. I. Lenin, *Opere*, vol. 38, Editura politică, 1959, p. 57.

care atacau fățiș pe cei mai eminenți reprezentanți ai fizicii teoretice, în primul rînd pe Einstein), de memorandumul asupra „stării fizicii în Germania" (formulat în 1936 de W. Heisenberg, Max Wien și Hans Geiger și semnat de 75 de profesori, exprimînd reacția oamenilor de știință față de aceste atacuri care aduseseră fizica din Germania într-o grea criză), de activitatea sa în cadrul „Proiectului-Uraniu" (apreciată astăzi ca un tip de „rezistență pasivă" față de regimul nazist), sau de „declarația de la Göttingen" — 12 aprilie 1957 (în care savanții atomiști vest-germani se hotărau să nu participe la realizarea armelor atomice).

Influențat decisiv încă din anii de formare de gîndirea antică, Heisenberg a încercat să continue în activitatea sa acel mod specific culturii antice grecești de a uni „punerea principială a problemelor" cu „acțiunea practică", de a trăi plenar unitatea formelor spiritului. Viața și opera sa au fost marcate de unitatea dintre cercetarea teoretică, reflecția filozofică și acțiunea practică. În toate aceste domenii contribuțiile lui Heisenberg se înscriu printre evenimentele de seamă ale epocii noastre.

Ilie Pârvu

PREFAȚĂ

Prezenta culegere de discursuri și articole, izvorîte direct sau indirect din preocupările de fizică atomică ale autorului, conduce mereu dincolo de granițele acestui domeniu. Caracterul universal al științei atomului îndreptățește această transcendere. Meditația serioasă asupra influențelor și consecințelor filozofice, tehnice și politice ale fizicii atomice depășește inevitabil cu mult granițele domeniului propriu al fizicii. Direcțiile în care se realizează acest lucru în fiecare articol sau discurs sînt atît de diferite încît nu a fost posibilă o sistematizare a lor pe teme. De aceea, culegerea este ordonată cronologic, exceptînd articolele consacrate anumitor personalități, care au fost plasate la început. Ordinea cronologică redă în anumită măsură evoluția survenită în concepția autorului, chiar dacă alegerea temelor a fost adesea determinată de motive mai mult întîmplătoare. Ca urmare, în abordări diferite ale problemelor revin aceleași idei, și nu am încercat să elimin repetările.

Cele mai importante domenii tematice pot fi oarecum caracterizate prin următoarele întrebări : Încotro ne conduce tehnica, care de la eliberarea energiei atomice a depășit toate granițele anterioare ? Ce conținut de adevăr au afirmațiile științelor naturii ? Se poate realiza un acord asupra rezultatelor cercetării și poate să contribuie acest acord la înțelegerea dintre popoare ? Există relații între științele moderne

cit operei sale științifice, întregesc imaginea acestui savant, al cărui spirit creator s-a manifestat în domeniile cele mai largi ale spiritului uman. Deși lucrările lui Einstein din domeniul fizicii au fost în cea mai înaltă măsură revoluționare, depășind prin consecințele lor cu mult granițele științei căreia îi aparțineau în primul rînd, totuși el, oricît de paradoxal ar putea să pară aceasta, a fost în liniile esențiale ale ființei sale un spirit conservator. În virtutea anilor formării sale, Einstein era adeptul teoriilor despre progres din secolul al XIX-lea, iar în articolele lui se reflecta imaginea unei lumi încă imperfecte din cauza lipsei de rațiune a oamenilor, dar care ar putea să devină tot mai bună dacă oamenii ar fi dispuși să abandoneze vechile lor prejudecăți și să se bazeze pe rațiunea lor. În ciuda experiențelor personale negative, Einstein nu a fost în stare să renunțe la această imagine ideală.

În sfera politicii, această atitudine s-a exprimat prin încrederea lui aproape naivă în posibilitatea ca problemele politice să fie rezolvate exclusiv pe baza bunelor intenții. Valorile naționale ale timpului îi erau străine, militarismul i-a apărut ca un fenomen odios și s-a declarat deschis adept al pacifismului, în speranța, caracteristică acelor vremi, că s-ar putea reduce contradicțiile dintre oameni dacă o restratificare socială ar oferi puterea unor noi grupuri și statele naționale ar fi astfel obligate să renunțe la folosirea forței sub forma războiului. Imaginea unei lumi pașnice, a progresului revine mereu în diferitele lui articole, și de aceea ține de tragismul vieții sale faptul că el, care ura atît de mult războiul, a scris în 1939 — sub impresia ororilor național-socialismului — o scrisoare președintelui Roosevelt în care îndemna Statele Unite să urmărească energic producerea bombei atomice și că primele dintre aceste bombe au ucis mii de femei și copii care erau la fel de

nevinovați ca și oamenii în apărarea cărora voia să intervină.

Ar fi absurd să se transforme acest episod într-un motiv de îndoială față de bunele intenții ale lui Einstein. Cine l-a cunoscut pe Einstein știe că el era un om serios, binevoitor și altruist, care și în acest caz a urmărit să facă numai bine. Acest episod ne arată însă că tocmai acea imagine despre lume a secolului al XIX-lea, de care Einstein s-a rupt doar în fizică, nu mai era suficientă pentru a răspunde la problemele politice ridicate de epoca noastră.

Neliniștea profundă pe care i-o stîrnea lui Einstein această evoluție este dovedită de numeroasele articole scrise de el în ultimii ani ai vieții. Fără îndoială, nu este întîmplător că această neliniște se împletea uneori cu nemulțumirea lui față de dezvoltarea fizicii de la sfîrșitul deceniului al treilea. Să ne reamintim consecințele pe care le-a avut pentru fizică opera științifică a lui Einstein. Einstein a înlocuit reprezentarea spațiului și a timpului din fizica clasică printr-una nouă, mai corectă, și a arătat astfel că fundamentul vechii fizici nu era atît de solid și imuabil cum se credea pînă la el. Einstein socotea că prin ideea sa asupra legăturii dintre geometrie și cîmpul material se poate crea un fundament nou, mai solid, care să permită la fel ca și cel anterior o descriere obiectivă a naturii, independentă de om.

În această privință, Einstein a supraapreciat însă posibilitățile epocii sale. Odată ce fundamentele descrierii naturii fuseseră puse în mișcare nu mai putea fi suficientă nici măcar puterea lui Einstein pentru a le opri din nou în alt punct. În teoria cuantică, la care Einstein însuși contribuise atît de mult, s-a dovedit — prin interpretarea ei finală de la sfîrșitul anilor douăzeci — că chiar materia, spațiul și timpul nu erau realități atît de solide, independente de oameni, așa cum se susținuse în secolul al XIX-lea și cum Einstein însuși era dispus să ac-

cepte. Dar acum Einstein nu mai era pregătit să recunoască această dislocare a fundamentelor. El a intuit cel puțin inconștient că printr-o asemenea interpretare a teoriei cuantice cîștigau o pondere mai mare și acele mișcări spirituale care erau intenționat depreciate ca „suprastructură ideologică", în opoziție cu realitatea fermă a materiei, și ca urmare această evoluție i-a fost străină.

În ultimii ani, neliniștea lui Einstein a cedat locul înțelepciunii resemnate a senectuții, care acceptă cu seninătate ideea că în definitiv lumea se schimbă în așa fel încît ea nu mai poate fi înțeleasă cu imaginile din tinerețea noastră. La un savant care a contribuit prin gîndirea sa mai mult decît oricare altul la transformarea lumii, aceasta ne apare ca o trăsătură deosebit de pașnică a ființei sale.

DESCOPERIREA LUI PLANCK ŞI PROBLEMELE FILOZOFICE FUNDAMENTALE ALE TEORIEI ATOMULUI*

Întrucît în cele ce urmează va fi vorba despre influenţele filozofice ale descoperirii lui Planck, se ridică întîi următoarea problemă : ce legătură poate avea o descoperire ştiinţifică specială cu problemele filozofice generale. Evident, o asemenea relaţie este posibilă numai atunci cînd prin descoperirea respectivă se pun sau se soluţionează probleme de un tip foarte general, probleme care vizează nu atît un domeniu special al ştiinţei, cît mai ales metoda ştiinţifică sau premisele fundamentale ale tuturor ştiinţelor. În fizică exemplul celebru al acestei posibilităţi îl constituie mecanica lui Newton, care la începutul epocii moderne a pus din nou problema semnificaţiei pe care ar putea-o avea în general termenul de „înţelegere" sau „explicare" a naturii. Influenţa extraordinară a *Principiilor* lui Newton asupra gîndirii în secolele următoare nu s-a întemeiat pe axiomele speciale sau pe rezultatele acestei mecanici newtoniene — de exemplu pe formula cunoscută : Forţa = Masa × Acceleraţia —, ci pe faptul că pentru prima dată au putut fi descrise mate-

* Conferinţă ţinută la şedinţa festivă a Asociaţiei societăţilor fizice germane, cu prilejul centenarului naşterii lui Max Planck, la 25 aprilie 1958 în Kongresshalle din Berlinul de Vest. Publicat pentru prima oară în „Jahrbuch 1958 der Max-Planck-Gesselschaft zur Förderung der Wissenschaften", e.V., apoi în „Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft", Stuttgart, S. Hirzel Verlag, 1959, p. 26—52.

matic evenimentele naturale în succesiunea lor temporală, deci pe dovada că o asemenea descriere matematică a naturii este principial posibilă.

Dacă în acest fel descoperirile speciale din științele naturii pot cîștiga o înrîurire asupra gîndirii unor secole întregi, atunci această înrîurire se exprimă nu prin aceea că descoperirile respective ar putea cumva să determine o opțiune pentru unul din diferitele sisteme filozofice care se contrazic sau că ele ar crea un fundament mai sigur pentru un nou asemenea sistem. Conexiunea științelor naturii cu filozofia nu poate deveni niciodată atît de strînsă. Așadar, nici considerațiile care urmează nu trebuie înțelese greșit, în sensul că adoptînd teoria cuantică sau teoria atomului se ia poziție în favoarea sau împotriva unuia sau altuia dintre sistemele filozofice din trecut sau de astăzi. Interesul cercetătorului naturii pentru modul de gîndire filozofic este de alt gen. Pe el îl interesează înainte de toate punerea problemelor și abia în al doilea rînd răspunsurile. Punerea unei probleme în filozofie i se pare valoroasă dacă ea a fecundat dezvoltarea gîndirii umane. În majoritatea cazurilor, răspunsurile nu pot fi decît condiționate de timp; ele trebuie să-și piardă din semnificație odată cu lărgirea cunoștințelor noastre asupra lucrurilor în decursul timpului. Mai ales încercările de a ridica anumite răspunsuri determinate la rangul de dogmă contravin spiritului științelor naturii. Trebuie să încercăm de aceea, dimpotrivă, să învățăm fără prejudecăți și cît mai mult cu putință din faptele noi și din vechile și noile moduri de a pune problemele.

După aceste observații preliminare putem să ne întrebăm care este semnificația filozofică a descoperirii lui Planck. Ce întrebări de natură generală s-au ridicat atunci datorită unei cunoștințe despre problema totuși foarte specială a radiației termice? Ce semnificație poate avea

formula lui Planck

$$\rho_\nu = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

pentru filozofie? Caracterul fundamental al noului care a pătruns în 1900 prin Planck în științele moderne ale naturii ar fi poate cel mai bine pus în evidență dacă arătăm că astfel a fost pusă din nou în discuție problema care îi opusese încă cu două milenii și jumătate în urmă pe Platon și Democrit și care a marcat punctul decisiv al diferenței de opinii dintre acești filozofi.

Trebuie mai întîi să aruncăm o scurtă privire asupra istoriei filozofiei atomiste din Grecia antică. Gîndirea sistematică a filozofilor naturii din Grecia, de la Thales pînă la Democrit, a dus în cele din urmă la întrebarea privind cele mai mici părți ale materiei. În locul polarității Ființare-Neant, care la Parmenide sfîrșea într-un paradox, Democrit a pus polaritatea dintre plin și gol, adică dintre atomi și spațiul vid. Existența era, după Democrit, prezentă de o infinitate de ori tocmai ca partea componentă cea mai mică, neschimbătoare și indivizibilă a materiei. Fenomenele de diferite genuri din lume se explicau prin mișcarea și compunerea diferită a atomilor în spațiul vid. La fel cum o tragedie și o comedie pot fi scrise cu aceleași litere, tot astfel, după Democrit, din aceiași atomi se pot realiza evenimente de genuri foarte diferite. Despre esența atomilor, de ce ei sînt tocmai astfel, și nu altfel nu s-a mai întrebat. Atomii reprezentau simplul dat, erau indivizibili, neschimbători, existentul propriu-zis, prin care se pot explica toate, dar care el însuși nu mai are nevoie de vreo explicație.

Platon a preluat și el elemente esențiale din teoria atomistă. Celor patru elemente — pămîntul, apa, aerul și focul — le corespund la

Platon patru genuri de particule elementare. Aceste particule elementare sînt, după Platon, obiecte matematice fundamentale de o înaltă simetrie. Cele mai mici particule ale elementului pămînt erau reprezentate prin cuburi, cele ale elementului apă prin icosaedre, cele ale elementului aer prin octaedre și, în fine, cele ale elementului foc prin tetraedre. Dar aceste particule elementare nu sînt la Platon indivizibile. Ele pot fi descompuse în triunghiuri și apoi recompuse din triunghiuri. De aceea se poate ca, de exemplu, din două particule elementare de aer și o particulă elementară de foc să se construiască o particulă elementară de apă. Triunghiurile înseși nu sînt materie, ele sînt doar formă matematică. La Platon, particula elementară nu reprezintă pur și simplu datul, neschimbătorul și indivizibilul ; ea are nevoie, la rîndul ei, de o explicație, iar problema „de ce"-ului particulelor elementare este redusă de Platon la matematică. Particulele elementare au forma pe care le-o atribuia Platon deoarece aceasta este matematic cea mai frumoasă și cea mai simplă formă. Rădăcina ultimă a fenomenelor este, așadar, nu materia, ci legea matematică, simetria, forma matematică. Lupta pentru primatul formei, al figurii, al Ideii, pe de-o parte, asupra materiei, a existentului material, pe de altă parte, sau, invers, al materiei asupra ideii, deci lupta între idealism și materialism a pus mereu în mișcare gîndirea umană de-a lungul istoriei filozofiei. Cercetătorului din științele naturii poate să i se pară uneori că diferența dintre cele două concepții nu prea este importantă. Dar încă Platon a simțit că această opoziție este atît de profundă încît, se spune, el și-a exprimat dorința ca lucrările lui Democrit să fie arse.

Ce are însă de-a face descoperirea lui Planck cu această problemă străveche ? Pentru chimia secolului al XIX-lea, atomii erau dați ca părțile cele mai mici ale elementelor chimice. Ei nu mai reprezentau un obiect al cercetării. Caracteris-

tica discontinuității, care s-a manifestat în structura atomară a materiei, trebuia să fie primită la început fără explicație. Descoperirea lui Planck a evidențiat însă că acest element de discontinuitate mai apare și în alt loc, și anume în radiația termică, unde în mod sigur nu mai poate fi conceput ca o consecință a structurii atomare a materiei. Cu alte cuvinte, descoperirea lui Planck a evidențiat ideea că această caracteristică a discontinuității în procesele naturale, care se exprimă independent în existența atomilor și în radiația termică, ar trebui înțeleasă ca o consecință a unei legi mai generale a naturii. Cu aceasta reapare în științele naturii ideea lui Platon că structurii atomare a materiei îi stă la bază, în cele din urmă, o lege matematică, o simetrie matematică. Existența atomilor sau a particulelor elementare ca expresie a unei structuri matematice, aceasta era noua posibilitate pe care a indicat-o Planck prin descoperirea sa, iar aici el atinge probleme filozofice de bază.

Desigur, drumul pînă la o înțelegere reală a acestor corelații era încă foarte lung. Mai întîi, s-a scurs încă un sfert de secol pînă cînd, pe baza teoriei lui Bohr asupra structurii atomului, s-a putut da o formulare matematică necontradictorie teoriei cuantice a lui Planck. Dar chiar și cu aceasta eram încă foarte departe de o înțelegere completă a structurii materiei.

Odată cu descoperirea lui Planck s-a recunoscut, oricum, posibilitatea unui tip complet nou de lege a naturii, și cu aceasta revenim la probleme fizice speciale. Legile naturii care fuseseră formulate matematic anterior, cum ar fi cele din mecanica newtoniană sau din termodinamică, conțineau ca așa-numite „constante" numai proprietățile corpurilor la care trebuiau să fie aplicate. Nu existau în ele constante avînd caracterul unei măsuri universale. Legile mecanicii lui Newton, de exemplu, puteau fi

aplicate în principiu la mișcarea unei pietre în cădere, la traiectoria Lunii în jurul Pămîntului sau la ciocnirea unei particule elementare. Peste tot se părea că fenomenele se petrec identic. Teoria lui Planck conține însă așa-numita „cuantă de acțiune a lui Planck". Cu aceasta a fost introdusă o anumită măsură în natură. A devenit clar că fenomenele din acel domeniu în care acțiunile sînt foarte mari în raport cu cuanta de acțiune a lui Planck se desfășoară în mod fundamental altfel decît acolo unde ele sînt comparabile cu cuanta de acțiune a lui Planck. Deoarece evenimentele experiențelor noastre zilnice au de-a face întotdeauna cu acțiuni care sînt foarte mari față de constanta lui Planck, s-a conceput posibilitatea ca fenomenele din domeniul atomic să manifeste caracteristici care scapă intuiției noastre nemijlocite. Era posibil să avem de-a face cu fenomene ale căror manifestări să poată fi observate experimental și analizate rațional cu mijloacele matematicii, dar despre care să nu ne mai putem face nici o imagine. Caracterul neintuitiv al fizicii atomice moderne se întemeiază, în ultimă instanță, pe existența cuantei de acțiune a lui Planck, pe existența unei măsuri de ordinul atomic în legile naturii.

La puțini ani după descoperirea lui Planck au fost formulate pentru a doua oară legi ale naturii care conțin o asemenea constantă a măsurii. Această a doua constantă, viteza luminii, era dealtfel cunoscută fizicienilor încă de multă vreme. Rolul ei fundamental, de măsură, în legile naturii a fost înțeles însă de-abia odată cu teoria relativității a lui Einstein. Între spațiu și timp, forme aparent total independente ale intuiției în care percepem fenomenele, există relații, iar în formularea matematică a acestor relații viteza luminii apare drept constanta caracteristică. Experiența noastră zilnică are întotdeauna de-a face cu mișcări care se desfășoară lent în raport cu viteza luminii. De aceea,

nu este surprinzător, intuiția noastră eșuează în raport cu evenimente care se produc cu viteze apropiate de viteza luminii. Viteza luminii este o măsură pusă de natură, care ne informează nu asupra unor lucruri determinate din natură, ci asupra structurii generale a spațiului și timpului. Această structură nu mai este însă nemijlocit accesibilă intuiției noastre.

După ce s-a recunoscut semnificația fundamentală a ambelor constante universale ale naturii, cuanta de acțiune a lui Planck și viteza luminii, s-a impus întrebarea cîte asemenea constante independente ale naturii ar putea să existe în general. Răspunsul este că trebuie să existe cel puțin trei asemenea constante, dar că probabil toate celelalte constante ale naturii ar putea fi reduse, prin relații matematice deocamdată parțial necunoscute, la acestea trei. Calea cea mai simplă pentru un fizician sau un tehnician de a se convinge că trebuie să existe tocmai trei asemenea unități de măsură naturale independente este de a-și aminti că și sistemele de măsură fizice sau tehnice comune conțin întotdeauna trei asemenea unități de măsură, cum ar fi unitatea de măsură pentru lungime, pentru timp, pentru masă : centimetrul, secunda și gramul. Dacă s-ar dori să se înlocuiască aceste trei unități de măsură instituite prin convenție prin unități de măsură naturale, ar trebui să se adauge cuantei de acțiune a lui Planck și vitezei luminii încă o constantă. Structura atomară a materiei sugerează să se aleagă ca a treia unitate o lungime de ordinul de mărime atomic, cum ar fi lungimea de ordinul diametrului nucleului unui atom simplu. O formulare precisă a acestei unități de lungime poate fi dată însă numai atunci cînd se va reuși să se exprime matematic acele legi ale naturii în care unitatea de lungime să apară ca mărime esențială. Din nou este de așteptat ca noțiunile noastre intuitive să fie aplicabile numai la fenomenele care se petrec în spații care sînt mari

ale naturii și arta modernă ? Ce putem învăța din științele moderne ale naturii pentru rezolvarea vechilor probleme filozofice ? Nu am încercat să dăm un răspuns sistematic la aceste întrebări. Este vorba mai degrabă de a medita, pornind de la domeniul fizicii atomice, la acele aspecte care datorită importanței deosebite a problemelor nu puteau fi abordate în limitele trasate de științele speciale.

Discursurile și articolele din această culegere au apărut deja, în marea lor majoritate, în alte părți. Reunirea lor sub forma unei cărți poate însă reliefa o caracteristică ce nu este suficient de evidentă în cadrul fiecărui text în parte, și anume aceea că experiențele din evoluția fizicii atomice au condus aproape de la sine la o modalitate de gîndire unitară în premisele ei fundamentale, care se deosebește în unele privințe în mod esențial de gîndirea anterioară din științele naturii. Această unitate se realizează prin aceea că în locul alternativei pure, care, în rigurozitatea ei, adesea nu corespundea realității, apare o modalitate complementară de analiză, care face mai ușoară considerarea unei probleme din perspective diferite, împiedicîndu-ne astfel să vorbim pripit despre opoziții insurmontabile. Nu este vorba aici de dispariția contururilor clare ale gîndirii natural-științifice anterioare, ci de o pătrundere mai subtilă în posibilitățile, la început ascunse, ale acestei gîndiri. Fiecare articol în parte poate fi considerat ca o încercare de a extinde acest mod de gîndire asupra unor domenii din afara cadrului mai limitat al științelor naturii.

Werner Heisenberg

Iulie 1971

în raport cu acea unitate de lungime atomică și ca, dimpotrivă, în domeniul celei mai mici lungimi, cum a mai fost numită această constantă, evenimentele să se desfășoare într-un mod esențial diferit față de lumea noastră obișnuită.

Dar cu aceste reflecții depășim cu mult evoluția așa cum s-a înfăptuit ea realmente în deceniile trecute. La început, descoperirea lui Planck a relevat doar posibilitatea de a reduce structura atomică a naturii la legi ale naturii matematic formulabile, adică la forme matematice. Deși pe atunci nu se putea imagina despre ce fel de forme matematice ar fi vorba în ultimă instanță, totuși prin aceasta fizicii atomice i s-a fixat un obiectiv. Cercetătorii naturii au fost orientați spre acel pisc încă îndepărtat al teoriei atomice de pe care pot fi recunoscute drept consecințe ale structurilor matematice simple nu numai existența particulelor elementare și a tuturor formațiilor atomare constituite din acestea, ci, totodată, în mod indirect, raporturile fizice ale lumii în general. În acest punct se întîlneau speranțele fizicienilor atomiști cu dorința lui Albert Einstein, care formulase în anii '20 un plan de a ajunge, pornind de la teoria generală a relativității, la o teorie unitară a cîmpului. Existența paralelă a unor cîmpuri de forță diferite între ele și aparent independente era o sursă de insatisfacție încă de la geneza teoriei einsteiniene a gravitației. Fizicienii cunoșteau de multă vreme drept cîmpuri de forță cîmpul gravific și forțele electromagnetice. În secolul nostru, acestora li s-au adăugat undele de materie — care pot fi denumite și cîmpuri de forță ale legăturilor chimice — și, în fine, diferitele cîmpuri care corespund în sensul teoriei cuantice diferitelor particule elementare descoperite în ultimele decenii. Einstein spera că toate aceste cîmpuri de forță vor putea fi concepute ca dovezi ale structurii geometrice variabile a spațiului și timpului și că ele vor

putea fi reduse prin corelația dintre geometrie și materie la o rădăcină comună.

În această încercare, Einstein considera ca fundamentală interpretarea cîmpului gravitațional încercată în cadrul teoriei generale a relativității printr-o geometrie dependentă de loc, în timp ce legitățile cuantice descoperite de Planck îi apăreau ca secundare. Einstein nu a putut să admită validitatea formulării matematice de un gen cu totul diferit a teoriei cuantice a lui Planck, despre care va trebui să mai vorbim în continuare, deoarece ea nu corespundea ideilor sale filozofice despre sarcinile științelor exacte ale naturii. Lui i se părea nesatisfăcător că legile naturii trebuiau să se raporteze nu la procese obiective, ci la posibilitatea, la probabilitatea unor asemenea procese. Pe de altă parte, fizicienilor atomiști teoria cuantică a lui Planck le-a apărut ca adevărata cheie pentru înțelegerea corelațiilor. De aceea, ei trebuiau să încerce să ajungă la o teorie unitară a cîmpului pe drumul care trecea prin teoria cuantică a particulelor elementare. Opoziția dintre forță și substanță, care jucase un anumit rol în filozofia naturii a secolului al XIX-lea, era de mult depășită în teoria cuantică prin dualismul analizat matematic al undei și corpusculului sau al cîmpului de forță și particulelor elementare materiale, astfel încît drumul care pleca de aici spre o teorie unitară a cîmpului și materiei părea a fi în esență deschis.

Înainte de a urmări porțiunea din acest drum parcursă pînă acum și, totodată, evoluția ultimilor zece ani, trebuie să examinăm din nou situația epistemologică creată prin descoperirea lui Planck și prin formularea ei matematică precisă din deceniul al treilea. A fost vorba mai sus despre un nou tip de lege a naturii, în care apar unități de măsură date în natură. Poate ar trebui să se spună mai corect că este vorba despre structuri fundamentale ale naturii care sînt formulabile matematic, deoarece chiar și

conceptul de lege este oarecum prea îngust pentru a cuprinde aceste corelații foarte generale. Am menționat două asemenea sfere de corelații : teoria cuantică și teoria relativității. Aceste două teorii au produs modificări decisive în imaginea noastră asupra lumii, deoarece ele ne-au clarificat faptul că reprezentările intuitive prin care sesizăm lucrurile experienței noastre cotidiene sînt valide numai într-un domeniu limitat al experienței, că ele deci nu aparțin absolut deloc premiselor irefutabile ale științelor naturii.

În teoria cuantică este vorba în mod special de problema descrierii obiective a proceselor fizice. În fizica anterioară, măsurarea era calea pentru constatarea stărilor de lucruri obiective, independente de procesul însuși de măsurare. Aceste stări de lucruri obiective puteau fi descrise matematic, iar dependența lor cauzală era astfel riguros stabilită. În teoria cuantică, măsurarea însăși reprezintă tot o stare de lucruri obiectivă, la fel ca și în fizica anterioară, dar concluzia măsurării asupra mersului obiectiv al evenimentelor atomare de măsurat devine problematică, deoarece măsurarea intervine în producerea fenomenelor și nu mai poate fi separată de aceste fenomene. O descriere intuitivă a proceselor atomice, așa cum se dorea în fizică cu 50 de ani înainte, devine, din această cauză, imposibilă. Noi nu putem să concepem procesele naturale din domeniul atomic în același mod în care facem aceasta cu procesele din macrocosmos. Dacă folosim conceptele obișnuite, atunci aplicabilitatea lor este limitată de așa-numitele „relații de nedeterminare". Cu privire la comportarea ulterioară a proceselor atomice putem, de regulă, doar să prezicem probabilitatea ei. Formulele matematice nu vor mai descrie evenimentele obiective, ci probabilitățile producerii anumitor evenimente. Nu fenomenul însuși, ci posibilitatea lui — „potentia", dacă dorim să

I
PERSONALITĂŢI

OPERA ŞTIINŢIFICĂ A LUI ALBERT EINSTEIN *

Albert Einstein a fost cel mai renumit cercetător al naturii din epoca noastră. Probabil că niciodată nu a existat în istoria ştiinţei un savant pe care să-l fi cunoscut încă în timpul vieţii lui o mulţime atît de mare de oameni, dar a cărui operă capitală să fi fost atît de puţin înţeleasă cum a fost cazul lui Albert Einstein şi al teoriei sale a relativităţii. În ciuda acestei situaţii, renumele lui este în întregime justificat. Căci, asemenea lui Leonardo sau lui Beethoven în artă, Einstein a trăit la o răscruce de vremi în ştiinţele naturii : lucrările sale sînt prima expresie a acestei cotituri, de aici rezultînd şi impresia că el însuşi ar fi determinat cotitura ai cărei martori am fost în prima jumătate a secolului nostru.

Numele lui Einstein a devenit cunoscut dintr-o dată lumii fizicienilor, atunci cînd între 1905 şi 1907 el a apărut în patru domenii diferite ale fizicii cu lucrări noi, deschizătoare de drumuri. Una dintre ele se referea la semnificaţia interpretării atomiste a termodinamicii. Deja de multă vreme se ştia că particulele de praf fine — vizibile doar cu ajutorul unor microscoape puternice — prezente în fluide efectuează permanent mişcări neregulate, feno-

* Apărut iniţial în *Universitas*, vol. 10 (1955), nr. 9, Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft m.b.H., p. 987—909.

men care atrăsese atenţia fizicienilor sub numele de „mişcare browniană". Einstein a reuşit, împreună cu fizicianul polonez Smoluchowski, să explice această mişcare prin mişcarea termică a atomilor şi moleculelor şi să arate cum din mişcările neregulate ale particulelor de praf am putea să aflăm ceva despre mişcarea termică şi, prin aceasta, indirect şi despre mărimea moleculelor. Această lucrare a contribuit decisiv la consolidarea încrederii în ipoteza atomică a noii fizici.

Într-o a doua lucrare, Einstein a reluat cercetările fizicianului olandez Lorentz asupra electrodinamicii corpurilor în mişcare. În acea vreme, fizicianul american Michelson arătase, în 1902, prin renumitul său experiment de interferenţă, că mişcarea Pămîntului în spaţiu — sau, cum se spunea pe atunci, mişcarea sa în raport cu eterul — nu este observabilă în cadrul experimentelor optice. Lorentz a dezvoltat, pe baza analizei matematice a situaţiei create de experienţa lui Michelson, anumite formule de transformare, aşa-numitele transformări-Lorentz, din care a dedus că obiectele aflate în mişcare se contractă aparent în direcţia mişcării într-un mod determinat, iar ceasurile aflate în mişcare indică un timp aparent care se scurge mai încet decît cel real. Cu ajutorul acestor ipoteze, Lorentz a putut interpreta rezultatul lui Michelson, dar, în ansamblu, formulele sale păreau de neînţeles din punct de vedere fizic şi, din această cauză, nesatisfăcătoare. Aici a intervenit Einstein, rezolvînd printr-o lovitură magică toate dificultăţile. El a admis că obiectele se contractă realmente în direcţia mişcării şi că timpul aparent al formulelor lui Lorentz este timpul adevărat ; că aceste formule ne mijlocesc deci o nouă cunoaştere a spaţiului şi timpului. Prin aceasta s-au pus bazele teoriei relativităţii.

Va fi întotdeauna dificil de înţeles de ce aceste modificări, aparent atît de neînsemnate,

au avut consecințe de o importanță de-a dreptul excepțională. Mai întîi trebuie relevat că aceste modificări presupun o realizare intelectuală neobișnuită. Căci pînă atunci ideea că spațiul și timpul ar fi două scheme de ordonare calitativ diferite, două forme ale intuiției în care ne apare lumea, dar între care nu există nici o legătură nemijlocită, era una dintre premisele de la sine înțelese ale științelor naturii. În orice caz, părea că există un singur timp, același pentru întregul univers, pentru toate ființele vii ca și pentru întreaga materie moartă. Tocmai pe baza acestor premise de la sine înțelese s-a dezvoltat întreaga fizică după Newton, iar marile succese ale acestei științe trebuiau să fie considerate dovezi ale justeții — astăzi am spune mai prudent : ale considerabilei justeți — a acestor premise.

Einstein a avut curajul neobișnuit de a pune la îndoială toate aceste premise și, totodată, a avut puterea intelectuală de a cerceta cum se poate ajunge la o ordonare necontradictorie a fenomenelor și pe baza altor premise. În acest context, încă în 1906 i s-a dezvăluit ca una dintre cele mai importante consecințe inerția energiei sau, cum se mai spune uneori, imprecis, egalitatea dintre masă și energie. Tocmai această consecință a teoriei relativității i-a adus acesteia pentru prima dată recunoașterea de către fizicieni și a stîrnit admirația lor. De mai multă vreme se știa, din cercetările asupra proprietăților electronilor, că energia electromagnetică conținută în electron contribuie și la inerție, adică la masa electronului. Dar raportul dintre inerție și energie părea să depindă într-un mod complicat de ipotezele asupra configurației electronului. Teoria relativității a creat aici dintr-o dată relații clare și simple. Desigur, pe atunci părea exagerat să se accepte că, de exemplu, un ceas devine mai greu atunci cînd este întors și de fapt aici este vorba, de regulă, despre valori de masă nemăsurabil de mici.

Căci, după teoria relativității, unei valori de masă foarte mici îi corespunde o valoare foarte mare a energiei. Între timp însă, legătura dintre masă și energie a devenit un efect măsurabil, chiar dacă foarte aproximativ. Diferența de masă dintre nucleul unui atom de uraniu și cele două părți ale sale rezultate după fisiune a devenit mai mult decît evidentă, din păcate, ca energie eliberată în cazul unei explozii atomice. Deci justețea teoriei relativității nu mai poate fi pusă la îndoială în această privință.

În perioada 1905—1907 au apărut alte două lucrări importante ale lui Einstein, și anume în domeniul teoriei cuantice. După ce, în 1900, Planck formulase ipoteza că lumina este absorbită sau emisă de atomi nu în mod continuu, ci discontinuu, în cuante finite, el a încercat mereu, în ciuda tuturor contradicțiilor evidente, să concilieze această ipoteză cu teoria ondulatorie a luminii, admisă încă din vremea lui Huygens. Einstein a pus capăt tentativelor de acest gen și, ca în cazul teoriei relativității, a făcut din dificultățile existente punctul nodal al teoriei, opunînd teoriei ondulatorii ipoteza cuantică a luminii. Conform acestei ipoteze, lumina constă nu din unde, ci din mici corpuscule care se mișcă rapid, pe care le-am putea concepe ca pachete de energie sau, cum zicea Einstein, cuante de lumină. Einstein știa foarte bine că pe baza unor asemenea reprezentări nu se pot interpreta difracția și interferența luminii, dar el a recunoscut că existența cuantelor de lumină aparține într-o anumită manieră încă neînțeleasă fenomenului „lumină". Abia mult mai tîrziu, după desăvîrșirea teoriei cuantice, la jumătatea deceniului al treilea, s-a reușit să se înțeleagă corect corelația dintre teoria ondulatorie și ipoteza cuantică a luminii.

În fine, Einstein a folosit cu succes ipotezele fundamentale ale teoriei cuantice pentru a interpreta căldura specifică a corpurilor solide în dependența ei de temperatură. Și aici lucrarea

lui Einstein a reprezentat primul progres decisiv față de vechile principii ale teoriei clasice a căldurii.

Prin aceste patru lucrări, mărturii ale unor puteri și capacități de concentrare cu totul neobișnuite, s-a întemeiat renumele lui Einstein ca unul dintre cei mai proeminenți cercetători contemporani ai naturii. Teoria relativității, în ciuda numeroaselor critici la care a fost supusă, s-a dovedit tot mai mult a fi temelia solidă a întregii fizici moderne.

Acea parte a teoriei relativității despre care am vorbit pînă acum, așa-numita „teorie specială a relativității", este opusă în fizică unei generalizări pe care Einstein însuși a realizat-o în 1916. Aici, în „teoria generală a relativității", este vorba de încercarea de a pune în legătură fenomenele gravitaționale cu raporturile de masă în universul spațio-temporal cvadridimensional. Einstein a plecat în aceste cercetări de la egalitatea dintre masa inertă și masa grea, egalitate stabilită experimental. Realizînd o legătură extrem de îndrăzneață între ideile sale fizice și considerațiile lui Riemann asupra geometriei, el a conceput cîmpurile gravitaționale ca o abatere — de la geometria euclidiană — a geometriei în continuul spațio-temporal cvadridimensional și a reușit cu ajutorul acestei ipoteze să explice nu numai mecanica cerească obișnuită, ci și anumite amănunte, pînă atunci neînțelese, ale mișcării planetelor în jurul Soarelui. Una dintre excepționalele reușite ale acestui gînditor înclinat spre abstracție a fost și descoperirea faptului că acceptarea unei geometrii neeuclidiene poate fi și aici pusă de acord cu fenomenele observate și că, poate — ceea ce este încă inaccesibil observațiilor noastre —, universul fizic are numai o extensie finită.

În ultimul deceniu al vieții sale, Einstein a publicat cu precădere articole cu conținut filozofic sau politic, care, deși nu aparțin nemijlo-

folosim acest concept al filozofiei lui Aristotel — este supusă legilor stricte ale naturii.

Asupra acestei laturi a teoriei cuantice s-a vorbit adesea, și nu aș dori să tratez aici exhaustiv această teorie. De asemenea nu vreau să vorbesc nici despre istoria acestei deveniri, legată în primul rînd de numele lui Bohr, Born, Jordan și Dirac ; la fel, nici despre dezvoltarea mecanicii ondulatorii de către de Broglie și Schrödinger.

Dacă se consideră că pasul de la fizica clasică la teoria cuantică este definitiv, dacă se acceptă astfel că științele exacte ale naturii vor cuprinde și în viitor în fundamentele lor conceptul de probabilitate sau de posibilitate, de „potentia", atunci unele probleme din filozofia antică apar într-o altă lumină ; și invers, înțelegerea teoriei cuantice poate fi adîncită prin studierea respectivelor formulări antice ale problemelor. Relația cu conceptul de „potentia" din filozofia lui Aristotel a fost deja amintită. Dar și cu filozofia epocii moderne, în diferitele ei sisteme, se dovedesc o serie de corelații, care aici nu pot fi atinse decît în treacăt ; la o tratare amănunțită și atentă trebuie să renunțăm.

În filozofia lui Descartes a jucat un rol hotărîtor opoziția dintre „res cogitans" și „res extensa", scindarea lumii exprimată în această pereche de concepte influențînd în cel mai înalt grad gîndirea secolelor următoare. În fizica cuantică teoretică această opoziție apare oarecum altfel decît înainte. Ea pare mai puțin categorică, întrucît această fizică ne-a obligat să gîndim în diferite scheme conceptuale care se află una față de alta în acel raport exprimat de Bohr prin conceptul de „complementaritate". Pe de o parte schemele conceptuale se pot exclude, pe de alta se pot completa reciproc, astfel încît unitatea deplină devine evidentă numai prin jocul diferitelor scheme. Cum poate fi posibil acest fapt ne-o arată fără cea mai mică neclaritate matematica teoriei cuantice. În compara-

ție cu fizica clasică, teoria cuantică se îndepărtează de acea divizare categorică a lumii din filozofia lui Descartes.

Kant a acordat așa-numitelor „judecăți sintetice *a priori*" și formelor apriorice ale intuiției un loc central în filozofia sa. În noua interpretare a teoriei cuantice, chiar și conceptele fundamentale ale fizicii sînt recunoscute ca elemente apriorice. În această măsură, teoria cuantică conține un aspect considerabil de kantianism. Dar în același timp i se atribuie aprioricului numai o semnificație relativă, deoarece, în opoziție cu concepția lui Kant, chiar și conceptele apriorice nu mai reprezintă fundamente imuabile ale științelor exacte ale naturii.

Elementele pozitiviste din teoria relativității și din teoria cuantică au fost adesea relevate. Ideile lui Mach, în special, au fertilizat fără îndoială continuu evoluția fizicii după descoperirea lui Planck. Dar nici această influență nu trebuie supraapreciată. Teoria cuantică în interpretarea ei general-admisă astăzi nu consideră deloc că impresiile senzoriale ar fi datul primar, așa cum făcea pozitivismul. Dacă am vrea să denumim ceva ca dat primar, atunci în teoria cuantică acesta este realitatea, care poate fi descrisă cu conceptele fizicii clasice.

Deoarece teoria cuantică a apărut în corelație cu teoria atomului, ea este strîns legată, în pofida structurii sale epistemologice, de filozofiile care situează materia în punctul central al sistemului lor. Însă dezvoltarea din ultimii ani, despre care vom vorbi mai tîrziu, evidențiază foarte clar — dacă ținem în general să facem o comparație cu filozofia antică — o întoarcere de la Democrit la Platon. Tocmai descoperirea lui Planck ne sugerează că structura atomară a materiei poate fi concepută ca expresie a unor configurații matematice în legile naturii.

În afară de aceasta, analiza epistemologică a teoriei cuantice, în special în forma pe care

i-a dat-o Bohr, conține multe trăsături care ne amintesc de metodele filozofiei hegeliene.

În fine, s-au realizat diferite studii asupra relațiilor teoriei cuantice cu logica. Amintesc în special cercetările lui von Weizsäcker. Evident, interpretarea cuantică a proceselor atomare poate fi corelată cu o lărgire a logicii, direcție care va dobîndi poate pe viitor o semnificație foarte generală în științele exacte ale naturii. Cu aceasta am aruncat doar o privire fugară asupra multiplelor relații dintre teoria cuantică și o serie de probleme filozofice de diferite tipuri, fără a putea, din păcate, să intrăm aici în detalii.

În final trebuie menționată în amănunt o problemă care aparține într-o mai mare măsură fizicii și care a condus la dezvoltarea teoriei cuantice și a fizicii atomice în secolul nostru. Teoria relativității și teoria cuantică au evidențiat anumite structuri fundamentale ale naturii, necunoscute înainte. În teoria relativității este vorba despre structura spațiului și timpului, iar în teoria cuantică de consecințele faptului că orice măsurare din domeniul atomic reclamă o acțiune, o intervenție.

Structura spațiului și timpului descoperită în teoria specială a relativității ar putea fi pe scurt descrisă astfel : noi putem să cuprindem prin cuvîntul „trecut" toate evenimentele, despre care noi, cel puțin în principiu, putem afla ceva, iar prin cuvîntul „viitor" toate evenimentele asupra cărora, cel puțin în principiu, am putea acționa. În reprezentarea noastră intuitivă, aceste două domenii de evenimente sînt despărțite doar printr-un moment temporal infinit de mic, pe care îl numim „clipa prezentă". Din teoria einsteniană știm însă că acest domeniu al prezentului este finit, că el durează temporal cu atît mai mult cu cît locul evenimentului este mai depărtat față de noi. Aceasta se întemeiază pe faptul că acțiunile nu se pot transmite mai repede decît viteza luminii. Există în acest fel

o graniță spațio-temporală precisă între evenimentele care pot fi obiectul experienței noastre și cele care nu mai pot fi și o altă graniță între evenimentele asupra cărora mai putem acționa și cele asupra cărora nu mai putem avea nici un fel de influență.

Existența unei asemenea granițe stricte nu se potrivește însă cu structura proceselor fizice dezvăluită de teoria cuantică. Din relațiile de incertitudine știm că o determinare a locului necesită o intervenție cu atît mai puternică cu cît vrem ca ea să fie mai precisă. O determinare infinit de precisă a locului ar presupune chiar o acțiune infinit de mare și de aceea ea nu se poate realiza. Astfel nu mai este de mirare că acea graniță precisă afirmată de teoria relativității conduce la dificultăți în încercarea de a formula o teorie cuantică a proceselor fizice. Nici în acest caz nu putem intra în amănunte ; literatura de fizică a ultimilor 25 de ani este însă plină de discutarea acestor dificultăți și a contradicțiilor aparente care, prin așa-numitele „divergențe", de exemplu, energia proprie infinită a electronilor, au făcut mult timp imposibilă o descriere mulțumitoare a proceselor din domeniul particulelor elementare. Așadar, teoria cuantică și teoria relativității nu pot fi racordate fără dificultăți.

După rezultatele ultimilor ani avem toate temeiurile să presupunem că unificarea celor două teorii va fi posibilă numai atunci cînd va fi luată în considerare și a treia structură fundamentală, care este legată de existența unei lungimi universale de ordinul de mărime 10^{-13}.

Mai întîi însă trebuie să precizăm ce fel de fenomene fizice avem aici în vedere. Inițial chimia a atribuit fiecăruia din diferitele elemente chimice cîte un gen de atom. Ulterior, experimentele lui Rutherford și teoria lui Bohr au arătat că așa-numitul atom al chimiștilor constă dintr-un nucleu și un înveliș de electroni. Fizica nucleului din deceniul al patrulea

ne-a învățat să concepem nucleul atomului ca o construcție din protoni și neutroni. Astfel în cele din urmă au fost recunoscute trei tipuri foarte importante de particule elementare — protonii, neutronii și electronii — ca pietre ultime de construcție ale întregii materii. Experimentele ulterioare au arătat însă că există și alte tipuri de particule elementare, care se disting de cele amintite mai sus în primul rînd prin faptul că pot exista numai un timp scurt, deoarece se dezintegrează radioactiv foarte repede, adică se transformă în alte particule. Au fost descoperiți mezonii, hiperonii, iar astăzi cunoaștem cam 30 de tipuri diferite de particule elementare, majoritatea avînd o durată de viață foarte scurtă.

Odată cu dobîndirea acestor cunoștințe s-au ivit două probleme importante. Prima : sînt aceste particule elementare, în special protonii, neutronii, electronii, realmente pietrele de construcție ultime și indivizibile ale materiei sau trebuie, din nou, ca și ele să fie concepute ca fiind compuse din părți mai mici ? Iar în cazul că sînt cele mai mici particule de ce nu se pot divide mai departe ? A doua : de ce există tocmai aceste particule elementare găsite experimental și de ce au ele tocmai particularitățile observate ? Ce legi ale naturii determină masele și sarcinile lor, forțele cu care ele se influențează reciproc ?

La prima întrebare, fizica actuală dă un răspuns precis : particulele elementare reprezintă realmente ultimele, cele mai mici unități ale materiei ; și ea întemeiază acest răspuns într-o manieră oarecum surprinzătoare. Cum putem constata dacă particulele elementare se pot diviza mai departe ? Singura metodă pentru a decide în privința aceasta este încercarea de a le sparge folosind forțele cele mai puternice. Întrucît, natural, nu există cuțite sau alte instrumente cu care s-ar putea încerca această împărțire, unica posibilitate care ne rămîne este

aceea de a face particulele să se ciocnească între ele cu viteze foarte mari. Se pot realiza practic ciocniri între particulele elementare cu cea mai înaltă energie. Cele mai mari acceleratoare de particule care se construiesc actualmente în diferite părți ale lumii, de exemplu la Geneva, ca operă comună europeană, în America, în Rusia, servesc tocmai acestui scop. Și în radiația cosmică prezentă în natură se produc asemenea ciocniri. Cu acest prilej, particulele elementare se scindează adesea în multe părți, dar, și acesta este faptul surprinzător, părțile nu sînt mai mici sau mai ușoare decît formațiile elementare care au fost scindate. Căci energia cinetică înaltă a particulelor care se ciocnesc se poate transforma conform teoriei relativității în masă și ea este folosită pentru generarea unor noi particule elementare. Deci în realitate are loc astfel nu o divizare a particulelor elementare, ci producerea de noi asemenea particule din energia de mișcare a particulelor care se ciocnesc. Astfel, ecuația einsteiniană $E=m\,c^2$ creează posibilitatea ca particulele elementare cunoscute azi să fie realmente cele mai mici construcții existente.

În același timp înțelegem prin aceasta că toate particulele elementare sînt, pentru a spune astfel, alcătuite din același substrat, și anume, dacă doriți, din energie. Aici putem găsi o reminiscență din filozofia lui Heraclit, după care focul era substanța primordială din care sînt realizate toate celelalte lucruri. Focul este totodată forța motrice care menține lumea în mișcare, și s-ar putea, pentru a veni la înțelegerea noastră actuală, să identificăm focul cu energia. Particulele elementare ale fizicii moderne pot, la fel ca și cele ale filozofiei platoniciene, să se transforme unele în altele. Ele însele nu constau din materie, ci sînt singurele forme posibile ale materiei. Energia devine materie prin aceea că ea se transpune în forma unei particule elementare, prin aceea că se manifestă în această

formă. Aici avem un ecou al relației dintre Formă și Materie, care a jucat un rol atît de central în filozofia lui Aristotel. Cu aceasta am ajuns la a doua întrebare : de ce există tocmai aceste particule elementare, și nu altele ?

Această întrebare este identică cu întrebarea privind legea naturală care determină proprietățile particulelor materiale, iar această lege a naturii trebuie să conțină cea de-a treia unitate de măsură naturală, așa-numita „lungime minimă". Problemele formulate aici nu sînt încă deloc soluționate, totuși poate fi propusă spre dezbatere o schiță a unei asemenea teorii a particulelor elementare, care va trebui să fie verificată și dezvoltată prin cercetările din anii următori.

Mai întîi însă trebuie să ne referim la progresele cercetării în anii trecuți. Încă cu 15 ani în urmă, Dirac, în Anglia, a indicat posibilitatea de a se rezolva „dificultățile divergențelor" din teoria cuantică a cîmpului, despre care am vorbit mai înainte pe scurt, prin admiterea unei noi unități imaginare, o rădăcină pătrată din —1, în reprezentarea matematică sau, pentru a ne exprima într-un limbaj matematic mai precis, atribuindu-i spațiului hilbertian al teoriei cuantice a cîmpului o metrică indefinită. Evident, o asemenea introducere însemna o adîncă modificare structurală a teoriei, și, după scurt timp, Pauli a putut arăta, la Zürich, că o asemenea teorie nu ar mai putea fi interpretată fizic. Căci mărimile care, altfel, în teoria cuantică erau interpretate ca probabilități de apariție a unui eveniment pot deveni negative în formularea lui Dirac, iar o probabilitate negativă este sub raport fizic un concept lipsit de sens. În ciuda acestui fapt, cu aproape cinci ani în urmă, la Göttingen, am reluat această idee a lui Dirac în speranța că formalismul matematic se va putea dezvolta în următoarea manieră : ecuația fundamentală a materiei trebuie, după cum s-a mai accentuat de cîteva ori, să conțină

acea unitate de măsură care a fost introdusă ca lungime de ordinul 10^{-13} cm. Oare nu ar fi posibil ca metrica indefinită să fie folosită în așa fel încît probabilitățile negative să apară numai în problemele legate de comportamentul fizic în dimensiuni spațiale de ordinul de mărime 10^{-13} cm, iar în problemele referitoare la domenii spațiale și temporale mult mai mari toate probabilitățile calculate să devină din nou pozitive, astfel încît formulele să se preteze unei interpretări fizice ? Astfel, greutățile ar fi eliminate, căci referitor la procesele din cele mai mici domenii spațiale nu putem nici măcar formula probleme ; prin aceasta înțelegem că procesele din cele mai mici domenii spațio-temporale nu pot fi observate nemijlocit, iar concluziile inverse de la observațiile la aceste procese nu mai pot fi realizate cu ajutorul conceptelor fizicii obișnuite. Ca urmare, aceste procese se sustrag oricărei descrieri intuitive. Această posibilitate a fost apoi studiată în amănunt într-un model matematic simplificat — amintesc aici cercetările lui Mitter, Kortel și Ascoli la Göttingen —, și a reieșit că o asemenea folosire a propunerii lui Dirac este efectiv posibilă fără să apară contradicții. Aceste cercetări au relevat, totodată, că un asemenea model simplificat indică deja trăsăturile esențiale ale acelei teorii unitare a cîmpului care trebuie să formeze obiectivul final al cercetărilor. De exemplu, cîmpurile electromagnetice au rezultat ca o consecință a cîmpului material, iar cîmpul material s-a manifestat în particulele elementare, care evidențiau proprietăți analoge cu cele observate realmente.

O contribuție extrem de importantă la problema materiei a fost apoi descoperirea făcută de cei doi fizicieni chinezi Lee și Yang : cîmpurile electromagnetice sînt corelate într-un mod complet neașteptat cu spinul inerent particulelor elementare. De exemplu, există așa-numiții „mezoni $-\pi$“ cu sarcină pozitivă, care

se dezintegrează radioactiv. Mezonii - μ, electronii și neutrinii care apar la dezintegrare manifestă o anumită polarizare, corespunzătoare oarecum unui spin de dreapta. Nu există mezoni - π cu sarcină pozitivă la a căror divizare să se fi evidențiat spinul invers. Există însă mezoni - π de aceeași masă cu sarcină negativă, iar la divizarea acestora polarizarea este determinată tocmai de spinul invers. Prin reflexie în oglindă, dintr-o particulă se produce astfel așa-numita „antiparticulă" care-i corespunde și care are exact sarcina electrică opusă. Această descoperire a avut consecințe deosebit de interesante pentru înțelegerea proprietăților unei particule elementare, a cărei existență a fost de mai multă vreme prevăzută de Pauli dintr-o analiză a dezintegrării β a elementelor, așa-numitul neutrino. În studiul acestor consecințe, Pauli s-a întîlnit, anul trecut, cu o proprietate deosebită de transformare, cu o simetrie matematică pînă acum neobservată a ecuației de undă a neutrinului. Întrucît, așa cum am accentuat deja la descrierea corpurilor platoniciene, simetria matematică joacă în teoria particulelor elementare un rol deosebit, ne putem aștepta ca simetria sus-numită să dobîndească o semnificație care depășește ecuația specială a neutrinului.

Datele experimentale acumulate cu privire la particulele elementare în ultimele două decenii ne oferă informații, chiar dacă indirecte, asupra proprietăților de simetrie din ecuațiile fundamentale ale materiei prin așa-numitele „reguli de selecție și legi de conservare". Prin aceasta se înțeleg următoarele : dacă știm din experiență ce particule se pot transforma radioactiv în alte particule determinate, de aici se pot trage concluzii privind proprietățile de simetrie ale particulelor și ale legilor care stau la baza lor. În cercetarea mai sus amintită de la Göttingen, dezvoltînd un model matematic al unei teorii a materiei astfel transformat încît

să dea socoteală de regulile de selecție observabile, am ajuns la o ecuație despre care Pauli a putut arăta că ea conține și proprietățile de simetrie găsite de el. Apoi, fizicianul turc Gürsey a arătat că această simetrie a lui Pauli reproduce evident o proprietate caracteristică a sistemelor de particule materiale, care fusese descoperită deja de 25 de ani și care și-a găsit o formulare matematică prin conceptul de „spin isotopic" sau „isospin".

Cu aceasta s-a putut comunica o ecuație care — pentru a ne exprima precaut — pare cel puțin la prima vedere că ne-ar putea reprezenta toate proprietățile cunoscute ale particulelor materiale ; ea ar putea să fie deja adevărata ecuație a materiei.

Ecuația spune :

$$\gamma_\nu \frac{\partial}{\partial x_\nu} \psi \pm l^2 \gamma_\mu \gamma_5 \psi (\psi^+ \gamma_\mu \gamma_5 \psi) = 0$$

Aici ψ înseamnă materia (un operator de cîmp dependent de coordonatele de spațiu și timp) ; γ_μ sînt mărimile simple din teoria transformărilor lineare, introduse de Dirac ; l este unitatea de lungime naturală, despre care a fost de mai multe ori vorba. Faptul că viteza luminii și constanta lui Planck nu mai apar vizibil în ecuație se explică, simplu, prin aceea că ambele aceste mărimi fundamentale sînt deja folosite ca unități de măsură, deci au fost puse egale cu 1. Și mărimea l poate fi, evident, folosită în aceeași manieră ca unitate de măsură și luată egală cu 1, deci să nu mai apară în ecuație.

Trebuie să accentuez aici că prin această ecuație avem de-a face mai întîi cu o propunere și că numai analiza matematică deloc simplă a consecințelor comparată cu experiența matematică va permite, după cîțiva ani, să judecăm exact cît de departe ne-a dus această ecuație.

Pentru momentul actual este poate mai important să se studieze modalitățile de gîndire care, plecînd de la descoperirea lui Planck, au

ajuns, prin evoluția pe care am schițat-o, pînă la progresele ultimilor ani. Cum ar arăta fizica dacă s-ar realiza aceste speranțe ale fizicienilor ? Ecuația amintită conține, pe lîngă cele trei unități de măsură naturale, numai exigențe matematice de simetrie. Prin aceste exigențe pare a se răspunde la toate problemele. Trebuie să considerăm ecuația ca o expresie extrem de simplificată a exigențelor de simetrie, iar aceste exigențe trebuie considerate ca nucleul propriu-zis al teoriei. De aceea, ca și în cazul lui Platon, se pare că această lume de particule elementare și cîmpuri de forță, aparent atît de complicată, ar avea la bază o structură matematică simplă și transparentă. Toate celelalte raporturi, pe care le cunoaștem astfel în diferitele domenii ale fizicii ca legi ale naturii, ar trebui să poată fi derivate din această structură unică.

Concepția modernă are aici un nivel de precizie complet străin filozofilor greci și trebuie, pentru a nu fi neînțeleși, să accentuăm și adînca deosebire dintre știința noastră contemporană a naturii și aceea a anticilor. Mai întîi, există o deosebire esențială în privința metodei și anume în aceea că noi realizăm sistematic experimente și acceptăm teoriile numai dacă ele reprezintă efectiv detaliile experimentale. Apoi o altă deosebire foarte importantă se exprimă în rolul pe care conceptul de timp îl joacă în fizică de la Galilei și Newton încoace.

Particulele elementare din filozofia lui Platon își obțineau simetria din așa-numitul „grup al spațiului", grupul rotațiilor în spațiul tridimensional. Este vorba astfel acolo de o simetrie statică, nemijlocit intuitivă. Fizica modernă introduce însă de la început timpul în considerarea naturii. De la Newton fizica s-a orientat spre dinamica fenomenelor. Ea pleacă de la concepția că în această lume aflată în permanentă modificare ceea ce este permanent nu sînt formele geometrice, ci legile. Legile sînt, desigur, în fond doar forme matematice abstracte, care însă

se raportează tocmai la spațiu și timp. O înțelegere a materiei apare de aceea posibilă numai dacă din experimente se conclude asupra unor structuri tratabile matematic care se referă în același fel la spațiu și timp.

Teoria finală a materiei va putea fi caracterizată, la fel ca și la Platon, printr-o serie de exigențe de simetrie importante, pe care astăzi le putem indica deja. Aceste simetrii nu mai pot fi explicate simplu prin figuri și imagini, așa cum fusese posibil pentru corpurile platoniciene, ci prin ecuații, și aș dori să menționez cîteva ecuații dintre cele mai importante, deși asemenea expuneri, natural, nu pot fi înțelese decît de matematicieni.

O primă proprietate hotărîtoare de simetrie va fi așa-numitul „grup-Lorentz inomogen", care, după cum știți, formează baza teoriei speciale a relativității ; o formulare oarecum simplificată a sa este :

$$x' - x_0' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \qquad t' - t'_0 = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

Un al doilea grup, la fel de important, este grupul transformărilor în spațiul-Hilbert, care lasă invariantă relația de substituție. Acest grup este baza teoriei cuantice. O formulare deasemeni simplificată sună :

$$\Psi_i > = S_{ik}\, \Psi_k >$$

Mai departe vor juca un rol așa-numitul „grup-isospin" și grupul legat de el al conservării numărului de barioni, care putem presupune, după cercetările lui Pauli și Gürsey, că va fi reprezentat prin transformările lui Pauli:

$$\psi' = a\psi + b\gamma_5 C - 1\psi^+ \qquad (|a^2| + b^2| = 1)$$

$$\psi' = e^{i\alpha\gamma_5}\psi$$

În fine, există și alte simetrii de oglindire, de

exemplu invariația teoriei la schimbarea semnului timpului și la reflectarea simultană în oglindă a spațiului și a sarcinii electrice. Toate aceste simetrii sînt reprezentate de ecuația amintită mai sus, dar numai viitorul ne va arăta dacă aceasta se face într-o formă corectă.

O teorie care redă corect masele și proprietățile particulelor elementare dintr-o ecuație fundamentală simplă este în același timp o teorie unitară a cîmpului. Situația, cunoscută din experimente, că toate particulele elementare se pot transforma reciproc unele în altele ne indică faptul că nu ar trebui să fie posibil ca numai un anumit grup de particule elementare să fie selecționat și numai pentru ele să găsim o reprezentare matematică. Prin această experiență și prin semnificația fundamentală a proprietăților de simetrie, orice variantă a unei teorii a particulelor elementare, cum ar fi, de exemplu, aceea conținută în ecuația sus-amintită, dobîndește un caracter de închidere. Se găsesc structuri care sînt astfel corelate și împletite încît nu s-ar mai putea întreprinde modificări în nici un loc fără a pune în discuție toate corelațiile.

Ne reamintim aici oarecum de ornamentele arabice ale consolelor moscheelor, în care sînt realizate simultan atît de multe simetrii încît nu s-ar putea modifica nici o singură linie fără a distruge corelațiile întregului. Și la fel cum acele ornamente exprimă spiritul religiei din care ele au apărut, la fel în proprietățile de simetrie ale teoriei cuantice se reflectă spiritul acelei epoci în științele naturii care a fost inițiată de descoperirea lui Planck.

Ne aflăm acum însă în centrul unei deveniri ale cărei rezultate se vor vedea în întregime doar după cîțiva ani. Descoperirea lui Planck a condus în această jumătate de secol, ale cărei studii m-am străduit să le schițez, pînă la acel punct de la care putem crede că din proprietățile de simetrie matematice simple putem deja recunoaște prefigurația obiectivului nostru, și

anume înțelegerea structurii atomice a materiei. Chiar dacă se va examina cu întreg scepticismul, care aparține celei mai înalte obligații a savantului, dezvoltarea din ultimii ani despre care am vorbit aici, totuși este permis să se declare că s-a ajuns aici la structuri de simplicitate, unitate și frumusețe cu totul neobișnuite, la structuri care ne apar tocmai de aceea deosebit de importante întrucît ele nu mai privesc un domeniu special al fizicii, ci lumea în întregul ei.

A 100-a aniversare a lui Planck cade într-o perioadă care, comparată cu epocile anterioare, în multe domenii, de exemplu acela al politicii, artei, ierarhiei valorilor, lasă o impresie foarte haotică. Este de aceea liniștitor — tocmai cînd ne gîndim la o personalitate atît de armonioasă cum era Max Planck — că cel puțin în acel domeniu, căruia i-a dedicat Planck opera vieții sale, nu se găsește nimic haotic, că, mai mult, aici simplicitatea și claritatea transparentă sînt la fel de determinante ca și în epocile lui Platon, Kepler sau Newton.

CONCEPȚIA FILOZOFICĂ A LUI WOLFGANG PAULI *

Opera lui Wolfgang Pauli din domeniul fizicii teoretice permite numai într-o mică măsură să se recunoască fondul ei filozofic. Colegilor de specialitate Pauli le apare înainte de toate ca acel fizician înclinat spre formulări strălucite, întotdeauna precise, care, prin ideile sale noi de o semnificație deosebită, prin analizele clare care conduceau pînă la ultimele detalii ale cunoașterii existente, prin critica fără cruțare la care a supus neclaritățile și inexactitățile teoriilor fizice propuse, a influențat și a îmbogățit în mod hotărîtor fizica secolului nostru. Dacă am vrea să reconstituim atitudinea filozofică fundamentală a lui Pauli plecînd de la manifestările lui științifice, am fi tentați mai întîi spre un raționalism extrem și spre o poziție, în esența sa, sceptică. În realitate, dincolo de această critică și de acest scepticism se ascundea un interes filozofic adînc și pentru acele domenii întunecate ale realității sau ale sufletului uman care se sustrag abordării raționale. Iar puterea de fascinație care izvora din analizele făcute de Pauli problemelor fizice era generată doar parțial de formulările sale de o claritate care pătrundea pînă în ultimele amănunte ; ea venea și din contactul său con-

* Apărut inițial în *Die Naturwissenschaften*, 46 Jg., 1959, Heft 24, Springer Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg, p. 661—663.

tinuu cu domeniul proceselor intelectuale creative, pentru care nu există încă vreo formulare rațională. De fapt, Pauli a parcurs prea repede pînă la capătul său drumul unui scepticism întemeiat raționalist, și anume pînă la scepticismul față de scepticism, încercînd apoi să depisteze acele elemente ale procesului cunoașterii care premerg înțelegerii raționale. Există în special două articole din care am putea afla esențialul asupra poziției filozofice a lui Pauli : o disertație, „Influența reprezentărilor arhetipice în formarea teoriilor științifice la Kepler“ [1], și o conferință, „Știința și gîndirea apuseană“ [2]. Vom încerca să obținem o imagine asupra concepției sale filozofice plecînd de la aceste două mărturii și de la alte comunicări epistolare sau de alt gen ale lui Wolfgang Pauli.

O primă problemă centrală a meditației filozofice era pentru Pauli însuși procesul cunoașterii, în special procesul cunoașterii naturii, care își găsește în final expresia sa rațională în stabilirea legilor naturii matematic formulabile. Pauli nu a fost mulțumit de concepția pur empiristă după care legile naturii ar putea fi extrase din materialul experienței. El s-a alăturat mai degrabă acelora care „accentuează rolul direcției atenției și al intuiției, care în general depășesc cu mult experiența simplă, în stabilirea conceptelor și ideilor necesare unui sistem de legi ale naturii (adică unei teorii științifice)“. El a căutat astfel un termen de legătură între percepțiile senzoriale, pe de o parte, și concepte, pe de altă parte : „Toți gînditorii consecvenți au ajuns la concluzia că logica pură nu este esențialmente capabilă să

[1] În C. G. Jung și W. Pauli, *Naturerklärung und Psyche, Studien aus dem C. G. Jung-Institut,* Bd. IV, 109 p. Zürich, Rascher-Verlag, 1952.

[2] În *Europa — Erbe und Aufgabe. Intern. Gelehrtenkongress,* Mainz, 1955, Hrsg. v.M. Göhring, Wiesbaden, F. Steiner, 1956, 71 p.

construiască o asemenea legătură. Cea mai satisfăcătoare soluţie pare introducerea în acest loc a postulatului unei ordini a cosmosului independentă de voinţa noastră, diferită de lumea fenomenelor. Dacă se vorbeşte despre o «participare a lucrurilor naturale la idei» sau despre o «comportare a lucrurilor în sine, metafizice», relaţia dintre percepţiile senzoriale şi idee rămîne o consecinţă a faptului că atît sufletul cît şi ceea ce este cunoscut în percepţie sînt supuse ordinii concepute ca existentă în mod obiectiv".

Pauli vede puntea care duce de la materialul experienţei, la început neordonat, la idei, în anumite imagini originare, arhetipurile, preexistente în suflet, aşa cum au fost ele discutate de către Kepler sau chiar de către psihologia modernă. Aceste imagini — aici Pauli aderă în mare măsură la ideile lui Jung — nu trebuie situate în conştiinţă sau puse în legătură cu anumite idei formulabile raţional. Este vorba mai degrabă de forme ale zonei inconştientului, de imagini cu un puternic conţinut emoţional, care nu sînt gîndite, constituind doar obiectul unei intuiţii plastice. Fericirea pe care o trăiesc cercetătorii în momentul în care devin conştienţi de o nouă cunoaştere izvorăşte din corespondenţa unor imagini originare preexistente cu comportarea obiectelor exterioare.

Această înţelegere a cunoaşterii naturii se întemeiază în mod esenţial, după cum se ştie, pe concepţia lui Platon, concepţie care a pătruns în gîndirea creştină prin neoplatonism (Plotin, Proclus). Pauli încearcă s-o explice arătînd că deja în adeziunea lui Kepler la teoria copernicană, care se află la începutul ştiinţei moderne, au acţionat decisiv anumite prototipuri sau arhetipuri. El citează din *Mysterium Cosmographicum* următoarea propoziţie: „Imaginea trinităţii divine este sfera, şi anume tatăl în centru, fiul în suprafaţa exterioară, iar

duhul sfînt în proporţia raportului dintre punct şi spaţiul intermediar sau circumferinţă". Mişcarea orientată de la centru spre periferie este, pentru Kepler, imaginea creaţiei. Acest simbol, deosebit de strîns legat de numărul sfînt trei, simbol denumit de Jung „Mandala", îşi află — după Kepler — o întrupare nedesăvîrşită în lumea corpurilor : Soarele în centrul sistemului planetar înconjurat de corpurile cereşti (pe care Kepler le mai considera însufleţite). Pauli crede că forţa de convingere a sistemului copernican derivă, pentru Kepler, în primul rînd din corespondenţa sa cu simbolul mai sus descris şi numai în al doilea rînd din conţinutul experienţei.

Pauli crede, dincolo de aceasta, că simbolul lui Kepler exprimă într-un mod cu totul general atitudinea din care s-a născut ştiinţa contemporană a naturii. „Plecînd dintr-un centru interior, sufletul pare a se mişca în afară sub forma unei extravertiri în lumea corporală, în care toate fenomenele reprezintă prin ipoteză ceva automatic, astfel încît spiritul cuprinde parcă liniştitor cu ideile sale această lume". În ştiinţele moderne ale naturii avem de-a face astfel cu o dezvoltare creştină a „misticii luminate" a lui Platon, în care se caută temeiul unic al spiritualului şi al materiei în prototipuri şi în care înţelegerea şi-a găsit locul în diferitele lui grade şi tipuri pînă la cunoaşterea adevărului divin. Pauli adaugă însă avertizînd : „Această mistică este atît de luminoasă încît ea sare peste multe întunecimi, ceea ce nici nu avem voie nici nu putem".

El opune de aceea atitudinea fundamentală a lui Kepler aceleia a contemporanului său, medicul englez Fludd, cu care Kepler a dus o ascuţită polemică cu privire la aplicarea matematicii la experienţa rafinată prin măsurări cantitative. Fludd reprezintă aici partizanul acelei descrieri arhaic-magice a naturii, aşa cum

fusese ea exercitată de alchimia evului mediu și de societățile secrete izvorîte din aceasta.

Dezvoltarea ulterioară a ideilor lui Platon a dus în neoplatonism și creștinism la conceperea materiei ca un defect al ideilor și, întrucît inteligibilul era identic cu binele, ea a fost identificată cu răul. Spiritul lumii a fost în cele din urmă înlocuit de știința epocii moderne prin legea matematică a naturii. Spre deosebire de această tendință spiritualizantă unilaterală, filozofia alchimistă, reprezentată aici prin Fludd, constituie o anumită contrapondere. După concepția alchimiștilor, „în materie sălășluiește un spirit care așteaptă cu nerăbdare să se elibereze. Laborantul alchimist se implică întotdeauna în mersul naturii, astfel încît fenomenele chimice reale sau pretinse din retortă se identifică mistic cu propriile lui procese psihice, fiind desemnate prin aceleași cuvinte. Mîntuirea materiei prin transformarea ei de către oameni, culminînd cu producerea pietrei filozofale, este identică, după concepția alchimistă, din cauza corespondenței mistice dintre macrocosmos și microcosmos, cu transsubstanțierea care mîntuiește pe om prin lucrarea pe care nu o izbutește decît «Deo concedente»". Pentru această interpretare magică a naturii, simbolul suprem este numărul patru, așa-numitul tetraktys al pitagoricilor, care este compus din două polarități. Împărțirea este pusă în seama laturii întunecate a lumii (materia, diavolul), iar concepția magică asupra naturii cuprinde și acest domeniu întunecat.

Nici una dintre aceste două linii de evoluție, izvorîte din Platon și filozofia creștină pe de o parte, din alchimia medievală pe de altă parte, nu a putut să evite mai tîrziu divizarea în sisteme de gîndire opuse. Gîndirea lui Platon, originar orientată spre unitatea dintre materie și spirit, a dus în cele din urmă la di-

viziunea în imaginea științifică și imaginea religioasă despre lume, iar orientarea de gîndire determinată de gnostici și de alchimie a condus la chimia științifică, pe de o parte, și la mistica religioasă detașată de procesele materiale (de exemplu, Jakob Böhme).

Pauli recunoaște în aceste linii de evoluție spirituală, divergente și totuși aflate în conexiune, raporturi complementare, care au determinat de la început gîndirea apuseană și care sînt astăzi mai ușor de înțeles decît în epocile anterioare, după ce o asemenea relație logică a fost înțeleasă în cazul teoriei cuantice. În gîndirea științifică, caracteristică într-o deosebită măsură civilizației europene, spiritul se îndreaptă spre lumea exterioară, întrebîndu-se asupra cauzei. „De ce se reflectă unul în multiplu, ce este reflectantul și ce este reflectatul, de ce unul nu a rămas identic cu el însuși, singur?“ Mistica, aflată la ea acasă în aceeași măsură atît în Est cît și în Vest, încearcă să trăiască unitatea lucrurilor, încercînd să recunoască multiplicitatea doar ca o iluzie. Tendința cunoașterii științifice a condus în secolul al XIX-lea la reprezentarea-limită a unei lumi materiale obiective, independentă de orice observație, iar la capătul trăirilor mistice se află ca stare-limită sufletul aflat într-o uniune cu dumnezeu, complet separat de toate obiectele. Pauli vede gîndirea europeană desfășurîndu-se între aceste două reprezentări-limită. „În sufletul omului vor fi mereu prezente cele două atitudini, iar una va purta întotdeauna în sine pe cealaltă ca germenul opusului său. Prin aceasta se naște un gen de proces dialectic despre care nu știm încotro ne duce. Eu cred că noi, europenii, trebuie să ne încredem în acest proces și să recunoaștem perechea de opuși ca fiind complementari. În măsura în care lăsăm să existe tensiunea opușilor, trebuie să recunoaștem că noi depindem pe orice drum al cunoașterii sau al salvării de

factori care rămîn în afara controlului nostru şi pe care limbajul religios i-a numit întotdeauna har".

Atunci cînd, în primăvara anului 1927, reflecţiile asupra interpretării mecanicii cuantice au luat o formă raţională şi Bohr a formulat conceptul complementarităţii, Pauli a fost unul dintre primii fizicieni care s-au decis fără rezerve pentru noua posibilitate de interpretare. Trăsăturile caracteristice ale acestei interpretări, şi anume faptul că în orice experiment, în orice intervenţie asupra naturii putem alege care latură a naturii să o punem în evidenţă, dar în acelaşi timp renunţînd la cealaltă latură a naturii — această conexiune a „alegerii şi jertfirii" venea în mod natural în întîmpinarea atitudinii filozofice a lui Pauli. În centrul gîndirii sale filozofice a stat întotdeauna căutarea unei înţelegeri unitare a lumii — o unitate care includea în sine tensiunea contrariilor — şi el saluta interpretarea teoriei cuantice ca o nouă modalitate de gîndire, în care unitatea s-ar putea exprima mai uşor decît pînă acum. În filozofia alchimistă, Pauli a fost captivat de încercarea de a vorbi în acelaşi limbaj despre procesele materiale şi cele psihice. Pauli considera că în domeniul abstract al fizicii atomice şi al psihologiei moderne se caută din nou un asemenea limbaj. „Presupun că tentativa alchimistă a unui limbaj unitar psihofizic a eşuat numai datorită faptului că s-a referit la o realitate concretă aparentă. Astăzi avem în cadrul fizicii o realitate neaparentă (obiectele atomice) asupra căreia observatorul poate acţiona cu o anumită libertate (fiind pus în faţa alternativei „alegere şi jertfire"); în psihologie întîlnim procesele inconştiente care nu pot fi întotdeauna acordate univoc unui subiect determinat. Tentativa unui monism psihofizic îmi apare acum esenţialmente plină de perspective, deoarece limbajul unitar necesar (încă necunoscut, neutral în ra-

port cu perechea opușilor psihic-fizic) se raportează la o realitate mai adîncă, neimediată. S-ar găsi atunci o modalitate de expresie, care depășește cauzalitatea fizicii clasice în sensul corespondenței (Bohr), pentru unitatea întregii existențe, ale cărei cazuri particulare sînt relațiile psihofizice și corespondența formelor apriorice instinctive ale reprezentării cu percepțiile externe. În această concepție sînt jertfite ontologia și metafizica tradiționale, dar este aleasă unitatea existenței".

Din studiile speciale care i-au fost prilejuite de lucrările filozofice sus-amintite, urme deosebite au lăsat în special cercetările asupra simbolicii alchimiștilor, pe care le putem recunoaște uneori în scrisorile sale. În teoria particulelor elementare îl încîntau pe Pauli, de exemplu, cvadrisimetriile diferite, dar care se împleteau reciproc, pe care le punea în relație nemijlocită cu tetraktys-ul pitagoricilor, scriind: „Divizarea și reducerea simetriei, aceasta este esența lucrurilor. Divizarea este un foarte vechi atribut al diavolului (cuvîntul îndoială trebuie să fi însemnat originar divizare)". Sistemele filozofice din vremea de după disocierea carteziană i-au fost puțin apropiate lui Pauli. Folosirea kantiană a conceptului „a-priori" a fost criticată de Pauli într-o formă foarte determinată, întrucît Kant a întrebuințat acest termen pentru formele intuiției care pot fi fixate rațional sau pentru formele gîndirii. El avertizează expres: „Nu trebuie niciodată să se declare ca singurele presupoziții posibile ale rațiunii umane tezele stipulate printr-o formulare rațională". Elementele apriorice ale științelor naturii Pauli le pune mai degrabă în legătură cu imaginile originare, arhetipurile psihologiei lui Jung, pe care nu e necesar să le concepem ca înnăscute, ci ca pe ceva care s-ar putea modifica lent, fiind relative la o situație dată a cunoașterii. În acest loc se deosebesc, așadar, concepțiile lui Pauli

și C.G. Jung de acelea ale lui Platon, care consideră ideile originare ca imuabile și independente de sufletul uman. Aceste arhetipuri sînt însă în orice caz consecințe sau mărturii ale unei ordini generale a cosmosului, ordine care cuprinde în același timp și materia și spiritul.

Recunoscînd această ordine unitară a cosmosului, Pauli este sceptic și față de concepția darvinistă, extrem de răspîndită în biologia modernă, după care evoluția speciilor pe Pămînt ar trebui să se producă doar prin mutații întîmplătoare și prin efectele lor, după legile fizicii și chimiei. El consideră această schemă ca fiind prea îngustă și crede în posibilitatea unei modalități mai generale, care nici nu se încadrează în schema conceptuală generală a structurilor cauzale și nici nu ar putea fi descrisă corect prin conceptul „întîmplare". Mereu ne întîlnim la Pauli cu strădania de a părăsi liniile obișnuite de gîndire, pentru a se apropia pe căi noi de înțelegerea structurii unitare a lumii.

Faptul că în lupta pentru „Unul" Pauli a trebuit să se răfuiască mereu cu conceptul de dumnezeu nu mai are nevoie de nici o mențiune ; atunci cînd într-o scrisoare el spunea despre „teologii față de care mă aflu în relația arhetipică de frate dușman", desigur că lua această afirmație într-un sens foarte strict. Pe cît de puțin era el în stare să trăiască și să gîndească simplu în tradiția uneia dintre vechile religii, pe atît de puțin era el pregătit să accepte un ateism întemeiat pe un raționalism naiv. Nu am putea să prezentăm mai bine atitudinea lui Pauli asupra acestor probleme decît a făcut-o el însuși în încheierea conferinței sale asupra științei și gîndirii europene : „Cred totuși că aceluia pentru care raționalismul îngust și-a pierdut puterea de convingere și căruia nici un vrăjitor al viziunii mistice, care trăiește lumea exterioară în copleșitoarea ei mul-

tiplicitate ca iluzorie, nu-i este suficient de eficace, nu-i mai rămîne altceva decît să se abandoneze într-un fel sau altul acestor contrarii ascuțite și conflictelor lor. Numai prin aceasta cercetătorul poate, mai mult sau mai puțin conștient, să pornească pe o cale de salvare interioară. Atunci se nasc încet, compensînd situația exterioară, imagini interioare, fantezii sau idei care dovedesc o apropiere posibilă a polilor perechii de contrarii. Avertizat de eșecul tuturor strădaniilor premature spre unitate din istoria spiritului, nu voi îndrăzni să fac predicții asupra viitorului. Împotriva strictei împărțiri a activității spiritului uman în departamente separate începînd cu secolul al XVII-lea, consider însă că idealul unei depășiri a opoziției, care să cuprindă într-o sinteză amplă atît înțelegerea rațională cît și trăirea mistică a unității, constituie mitul rostit sau nerostit al epocii noastre".

AMINTIRI DESPRE NIELS BOHR DIN ANII 1922—1927*

Prima mea întîlnire cu Niels Bohr a avut loc în vara anului 1922 la Göttingen, cînd Bohr a ținut acolo o serie de conferințe, la invitația Facultății de matematici și științele naturii, conferințe despre care noi vorbeam cu bucurie mai tîrziu, denumindu-le „Festivalul Bohr". Am fost adus la Göttingen de profesorul meu münchenez Sommerfeld, deși pe atunci eram doar un student de douăzeci de ani, în al patrulea semestru. Sommerfeld ținea foarte mult la studenții lui și el a simțit cît de mult mă interesau Bohr și teoria sa atomică. Prima impresie pe care mi-a făcut-o Bohr ca om îmi este încă foarte clară în amintire. Plin de o tensiune tinerească, totuși oarecum jenat și timid, cu capul înclinat puțin într-o parte, fizicianul danez stătea pe podiumul luminos al amfiteatrului, în care strălucea prin ferestrele larg deschise lumina verii din Göttingen. Vorbea încet și cu întreruperi, dar dincolo de oricare dintre cuvintele alese cu grijă se putea urmări un lung lanț de gînduri, care se pierdea undeva în adîncurile unei atitudini filozofice, pentru mine foarte tulburătoare.

La sfîrșitul celei de-a doua sau a treia conferințe ale acestei serii de prelegeri, Bohr a vorbit despre un anumit calcul efectuat de co-

---

* Apărut mai întîi în limba daneză în *Niels Bohr, hans liv og virke fortalt af en kreds af venner of medarbejdere*, T. J. Schultz Forlag, København, 1964.

laboratorul său, olandezul Kramers, asupra așa-numitului efect puternic cvadratic al atomului de hidrogen și a încheiat arătînd că, în ciuda tuturor greutăților interne ale teoriei atomului din acea vreme, trebuie să se admită faptul că rezultatele lui Kramers sînt foarte corecte și că ele vor fi ulterior confirmate de experiment. Cunoșteam destul de bine lucrarea lui Kramers deoarece făcusem asupra ei un referat în seminarul lui Sommerfeld din München. De aceea am îndrăznit să formulez o obiecție în cadrul discuțiilor care au urmat. Nu-mi puteam reprezenta faptul că rezultatele lui Kramers ar fi corecte cu exactitate, că efectul puternic cvadratic ar putea fi conceput ca un caz-limită al dispersiei luminii cu lungimi de undă foarte mari. Întrucît însă se știa că un calcul al dispersiei pentru atomul de hidrogen, cu metodele obișnuite ale fizicii clasice, trebuia să ducă la rezultate false — efectul de rezonanță caracteristic va apărea la frecvența traiectoriei electronilor și nu la frecvența observată a radiației atomului de hidrogen —, nici calculul lui Kramers nu putea să ne dea rezultatul corect. Bohr a răspuns la început că ar trebui să luăm în considerare influența inversă a radiației asupra atomului, dar el a fost vizibil întrucîtva tulburat de această obiecție. La sfîrșitul discuției, Bohr mi s-a adresat și mi-a propus o plimbare în doi, pe care am primit-o, se înțelege, cu multă bucurie. Această convorbire, care ne-a purtat cruciș și curmeziș pe înălțimile Hainbergului, a fost prima discuție intensă asupra problemelor fundamentale fizice și filozofice ale teoriei moderne a atomului, despre care pot să-mi amintesc ; și ea a determinat în mod decisiv drumul ulterior al vieții mele. Am înțeles pentru prima dată că Bohr privea teoria sa cu mult mai mult scepticism decît mulți alți fizicieni ai acelei vremi, de exemplu Sommerfeld, și că la el cunoașterea corelațiilor nu

se năştea dintr-o analiză matematică a supoziţiilor luate ca bază, ci dintr-o preocupare intensă pentru fenomene, care dădea posibilitatea să cuprindă mai degrabă intuitiv conexiunile decît să le deducă. Astfel se naşte cunoaşterea naturii, şi abia apoi ceea ce este cunoscut poate fi precizat matematic şi devine accesibil unei analize complet raţionale. Bohr a fost în primul rînd filozof, nu fizician ; dar el ştia că în timpul nostru filozofia naturii poate avea putere numai dacă se supune în toate amănuntele criteriului sever al corectitudinii experimentale.

Bohr m-a invitat să vin în primăvara următoare pentru cîteva săptămîni la Copenhaga, iar ulterior să lucrez o perioadă mai lungă acolo, eventual cu o bursă. Cu aceasta a început pentru mine o perioadă infinit de instructivă, de colaborare foarte prietenească, iar o coincidenţă fericită a făcut ca ea să înceapă tocmai în momentul în care greutăţile teoriei cuantice păreau a deveni tot mai de neînţeles, contradicţiile ei interne tot mai insuportabile ducînd la o criză, care, printr-o serie aproape dramatică de descoperiri neaşteptate într-un răstimp scurt, a dus la o soluţie a problemelor fundamentale.

Vizita mea la Copenhaga s-a petrecut, dacă amintirile nu mă înşală, în vacanţa de paşti din 1924. Prima mea apariţie în institut şi în cercul oamenilor tineri care-l înconjurau pe atunci pe Bohr mi-a produs chiar după puţine zile o adîncă depresiune. Aceşti tineri fizicieni din diferite ţări ale Pămîntului mă depăşeau cu mult. Cei mai mulţi dintre ei stăpîneau mai multe limbi străine, pe cînd eu nu ştiam să mă exprim raţional nici într-una singură. Cunoşteau lumea, cultura, poezia multor popoare, cîntau la instrumente cu înaltă măiestrie şi, înainte de toate, înţelegeau din fizica atomică mult mai multe lucruri decît mine. Îmi părea fără nici o speranţă acomodarea cu acest cerc.

Totuşi, mai tîrziu s-au dezvoltat între noi raporturi prieteneşti. Cu deosebită plăcere îmi amintesc de primele discuţii cu Kramers din Olanda, Urey din S.U.A. şi Rosseland din Norvegia. Toţi păreau a-l cunoaşte bine şi a-l preţui pe Bohr şi erau plini de optimism faţă de dezvoltarea teoriei lui Bohr.

Marele cîştig al acelor săptămîni l-au reprezentat, desigur, convorbirile cu Bohr însuşi. Întrucît activitatea institutului îl împovăra prea mult pe Bohr încă de pe atunci, mi-a propus o plimbare de mai multe zile prin pădure în Nordsjaelland, cînd am avut timp să discutăm pe larg şi nestingheriţi toate problemele fizice. Bohr era evident el însuşi fericit să-mi poată arăta Danemarca sa apropiată : castelul lui Hamlet, Kronborg, de la ieşirea din nord a strîmtoarei dintre Danemarca şi Suedia, construcţia artistică renaissance a castelului pe apă Frederiksborg la Hilleräd, marea pădure la nord de Marea Esrum şi satele de pe litoralul Kattegat-ului, de la Gilleleje pînă la Tisvildeleje. La marginea Tisvildeleje-ului, Bohr avea o spaţioasă casă de odihnă pentru familia sa. Bohr mi-a povestit, în aceste drumuri, multe despre istoria ţării şi a castelelor ei, despre legăturile trecutului îndepărtat cu ciclurile epice islandeze, care-i erau familiare, şi astfel am aflat în cîteva zile despre Scandinavia mai mult decît în toată perioada de şcoală dinainte. Am învăţat, de asemenea, să iubesc această ţară fericită şi paşnică, cruţată de marile catastrofe ale secolului nostru, trebuind să-i vorbesc, din contră, lui Bohr de ceea ce s-a întîmplat în propria mea ţară şi în timpul studiilor mele : război, revoluţie, foamete, lipsuri. Convorbirile noastre ne-au purtat astfel mult mai departe de domeniul fizicii şi al ştiinţelor naturii, şi am fost fericit că Bohr simţea o atracţie pentru toate genurile de exuberanţă tinerească. Pe plajă ne întreceam adesea, aruncînd pietre în mare cît puteam de de-

parte sau încercam să nimerim bîrne plutitoare. Bohr povestea că odată, împreună cu Kramers, au găsit pe plajă o mină din vremea războiului, adusă la mal de valuri, şi s-au luat la întrecere să-i lovească capsa detonatoare. Abia după cîteva încercări zadarnice le-a devenit clar că-şi fac o joacă din a lovi o mină care explodînd i-ar fi putut omorî, astfel că s-au îndreptat spre un alt obiectiv. Tentaţia lui Bohr spre generalizări filozofice era adesea stîrnită de jocurile cele mai simple. Cînd am aruncat odată pe o stradă lăturalnică cu o piatră spre un stîlp de telegraf şi, contrar probabilităţilor, l-am lovit, a spus : „A ţinti un asemenea obiect îndepărtat şi apoi a-l lovi este, natural, imposibil. Dacă ai însă impertinenţa să arunci într-o direcţie fără a ochi şi să-ţi reprezinţi posibilitatea absurdă că s-ar putea să şi nimereşti, atunci s-ar putea chiar să se întîmple. Intuiţia că ceva s-ar putea întîmpla ne face mai puternici decît exerciţiul şi voinţa".

Natural, dificultăţile fizicii atomice ocupau un loc important în discuţiile noastre ; numai prin analiza lui Bohr, acestea mi-au devenit clare în întreaga lor strictețe, iar convorbirile noastre au întărit poate îndoiala care trăia mereu în Bohr faţă de starea de atunci a teoriei atomice. O soluţie era însă extrem de îndepărtată, şi chiar descoperiri atît de importante cum ar fi efectul Compton, care a devenit cunoscut în acelaşi an, au accentuat la început doar dificultăţile şi contradicţiile. Cînd ne-am întors din călătoriile acestea la Copenhaga, aveam sentimentul că prin Bohr ştiam mult mai multe despre spiritul viitoarei teorii atomice decît înainte. Era ca şi cum ceaţa adîncă din jurul nostru devenise oarecum mai transparentă, aşa încît se puteau întrezări deja unele contururi ale muntelui, pe care mai tîrziu îl vom urca, pentru ca de acolo să îmbrăţişăm cu privirea corelaţiile fenomenelor teoriei atomice.

În semestrul de vară din 1923 îmi scrisesem în München lucrarea de doctorat, ale cărei probleme aparţineau unui domeniu complet diferit al fizicii, hidrodinamica. Eu observam dezvoltarea fizicii atomice, ca să spun aşa, numai de departe. În toamnă am primit un post de asistent la Born, la Universitatea Göttingen, şi am luat parte în cercul de acolo la discuţiile asupra problemelor teoriei atomice. Numai în semestrul de iarnă 1924/1925 am putut, la recomandarea lui Bohr, ca bursier Rockefeller, să revin la Institutul Blegdamsvej din Copenhaga. Acolo s-a dezvoltat chiar de la primele zile o strînsă colaborare ştiinţifică între Bohr, colaboratorul său apropiat Kramers şi mine, şi discuţiile pe care le-am dus în doi, adesea în trei au devenit repede o obişnuinţă, reprezentînd pentru mine cel mai important conţinut al acelor zile, mai important decît seminariile şi prelegerile.

În centrul discuţiilor noastre era, pe atunci, teoria dispersiei, adică dispersarea luminii de atomi, despre care Kramers tocmai publicase o lucrare foarte importantă. Consideraţiile lui Kramers trebuiau extinse împreună la cazul aşa-numitului efect Raman (dispersia cu schimbarea culorii) şi era vorba, evident, aici de a ghici cu ajutorul raţionamentelor analogice formulele matematice corecte, nu de a le deduce, întrucît lipsea deocamdată un fundament pentru calcularea lor. Kramers şi cu mine nu am fost la început în întregime de acord şi pentru diferite cazuri speciale eram convinşi de formule diferite. Era pentru mine deosebit de instructiv să văd cum încerca Bohr mereu ca, printr-o interpretare fizică a formulelor care mergea pînă în amănunte, să găsească astfel soluţia, pe cînd eu înclinam spre punctul de vedere formal matematic, deci spre criterii într-un sens mai mult estetice, pentru găsirea soluţiei. Din fericire, ambele genuri de criterii au condus la sfîrşit la acelaşi răspuns, şi eu

am încercat să-l conving pe Bohr că așa și trebuie să fie, pentru ca teoria să fie cît mai simplă și mai transparentă. Am observat că transparența matematică nu reprezenta pentru Bohr o valoare evidentă. Lui Bohr îi era teamă că structura matematică formală ar putea umbri nucleul fizic al problemei și era convins că, în orice caz, elucidarea fizică completă trebuia să preceadă necondiționat formularea matematică. Poate eram în acel timp într-o măsură mai mare decît Bohr pregătit să mă despart de imaginile intuitive și să fac pasul la abstracția matematică. În orice caz, în formulele pe care le prelucrasem împreună cu Kramers urmăream o matematică în lucru, care funcționa deja de la sine, într-o anumită măsură îndepărtată de reprezentările fizicale. Această matematică avea pentru mine o putere de atracție magică, și eu eram fascinat de ideea că aici ar deveni evidente primele fire ale unei rețele enorme de corelații adînci.

La fel de fericit s-a încheiat o discuție cu Bohr și Kramers asupra polarizării luminii fluorescente. Bohr elaborase asupra acesteia, în corelație cu experiențele de la Institutul Franck, o scurtă notă, iar eu am aplicat problemei lui Bohr, neținînd cont de imaginile sale intuitive, punctul meu de vedere mai mult formal, și am obținut astfel rezultate cantitative care depășeau întrucîtva lucrarea lui Bohr. Am reușit mai întîi să-i conving pe Bohr și Kramers asupra formulelor mele. Însă, cînd am intrat din nou după micul dejun în camera lui Bohr, Bohr și Kramers căzuseră de acord că formulele mele sînt false și au încercat să-mi clarifice punctul lor de vedere. S-a născut astfel o discuție aproape pătimașă, care s-a prelungit mai multe ore, în care, după cîte îmi amintesc, pentru prima dată a fost enunțată în toată ascuțimea ei exigența „ruperii de imaginile intuitive“ și ea a fost declarată laitmotivul lu-

crărilor viitoare. Maniera de gîndire a lui Bohr, care a fost reprezentată în istoria fizicii poate cel mai bine de figurile lui Faraday sau Gibbs, era suficientă pentru a se scoate la iveală, cu o claritate de neîntrecut, nucleul problemei. Dar Bohr ezita să facă saltul la abstracţia matematică chiar dacă nu-l contrazicea. Ne-am pus, în fine, de acord asupra corectitudinii formulelor şi aveam sentimentul că ne-am apropiat simţitor de noua teorie atomică.

Bohr, evident, lua parte destul de activă şi la lucrările celorlalţi membri ai institutului, şi, deoarece el era întotdeauna extraordinar de temeinic, această activitate îl solicita atît de mult încît adesea ea intra în conflict cu propriile sale lucrări şi cu obligaţiile administrative ale institutului. Astfel, Bohr se simţea adesea într-o situaţie destul de grea, şi îi venea din ce în ce mai greu ca să-şi formuleze în scris propriile lui gînduri. Cînd făcea acest lucru, îmi dicta mie, de regulă, prima schiţă, iar eu admiram grija cu care fiecare cuvînt era mereu regîndit şi schimbat.

În viaţa ştiinţifică a lui Bohr un rol important l-a jucat şi casa sa de la ţară din Tisvilde. Puteam adesea să merg acolo împreună cu Bohr şi familia sa pentru cîteva zile. Ne plimbam împreună prin pădure şi pe plajă, admiram înaltele dune împădurite, priveliştea de un albastru strălucitor a Mării Baltice, vasele demodate care-şi cărau mărfurile. Înotam adesea pe distanţe lungi în mare. Odată Bohr s-a îndepărtat foarte mult de ţărm şi, cînd am încercat să-l ajung, am observat cu groază că un curent ne ducea mereu mai departe în larg. Bohr nu se mai putea apropia de ţărm, deşi depunea eforturi deosebite ; obosise în mod vizibil. Astfel am trăit cîteva minute de teamă, fiind absolut singuri şi neştiind realmente ce aş mai putea să fac. Din fericire, curentul ne-a purtat în apropierea unui mic banc de nisip, la care am reuşit, în sfîrşit, să ajungem şi pe care Bohr s-a odihnit

timp îndelungat. Distanța de la bancul de nisip pînă la țărm era încă foarte mare, dar după această pauză am reușit, înotînd cît puteam de repede, să ne apropiem fără greutăți de țărm și, în fine, să-l atingem. Bohr împreună cu familia aveau și o trăsură cu un căluț, și, deoarece mă împrietenisem bine cu copiii, consideram o cinste deosebită obținerea cîteodată a permisiunii de a mă plimba cu trăsura împreună cu un copil. Adesea Bohr primea la Tisvilde vizitatori din Copenhaga sau din străinătate, și aceștia participau la discuțiile științifice despre dificultățile teoriei cuantice care ne preocupau pe toți, făcînd considerații sau expuneri asupra unor noi rezultate experimentale.

În semestrul de vară 1925 am ținut din nou cursuri la Göttingen și, în afară de aceasta, în iunie am redactat, în vremea unui scurt concediu medical pe insula Helgoland, o schiță preliminară a mecanicii cuantice, care reprezenta pentru mine, într-o anumită măsură, chintesența discuțiilor noastre de la Copenhaga ; de fapt ea constituia o formulare matematică a „principiului de corespondență" al lui Bohr. Speram ca printr-un aparat matematic nou, încă foarte străin mie, să obținem un acces la acele corelații ciudate care deveniseră uneori evidente deja în discuțiile anterioare cu Bohr și Kramers. După o vizită în Olanda și Anglia și după vacanța de vară care a urmat, am plecat pentru cîteva săptămîni la Copenhaga pentru a discuta iarăși cu Bohr noua situație. Bohr era în cel mai înalt grad interesat și nu mai avea acum, în orice caz, nici o obiecție împotriva rupturii radicale cu modelele intuitive. Cît de departe aveau să permită premisele matematice construcția unei teorii complete era în acel timp încă incert. Cu deosebită bucurie îmi amintesc de o ședere scurtă în casa lui Bohr de la țară în acele săptămîni în care au sosit și trei matematicieni : Harold Bohr, Hardy din Cambridge și Bessikovic. Discuția a ajuns repede la noua

evoluție a teoriei atomice. Și cei trei matematicieni au discutat într-o manieră pentru mine destul de stimulatoare despre genul de corelații matematice care s-ar putea ascunde în spatele premiselor mele matematice. Din păcate, înțelegeam prea puțină matematică pentru a-i putea realmente urmări. Îmi rămînea însă mereu sentimentul clar că aici apar în lumină părți ale unei rețele de raporturi cuprinzătoare. După-amiaza, tîrziu, s-a jucat o partidă de Boccia în două echipe și, întrucît Harold Bohr și Hardy erau sportivi pasionați, s-a luptat aspru de ambele părți. Numai Bessikovic, evident complet asportiv, a avut, din păcate, succese foarte neînsemnate. Jocul s-a încheiat atunci în mod cu totul neobișnuit. Echipa lui Niels Bohr era cu cîteva puncte în urmă, avea însă ultima aruncare, pe care trebuia s-o realizeze Bessikovic. Conștient de lipsa de speranță a situației, Bessikovic a aruncat bila pe spate, peste umerii săi, în cîmpul de joc. Spre stupefacția sa a atins exact locul corect și a decis, în entuziasmul general, partida în favoarea sa. M-am gîndit la fraza rostită de Bohr pe strada din Gilleleje, fără însă a mai filozofa mai departe asupra acestui fapt. Pe drumul de întoarcere, în trenul de Copenhaga, Hardy mi-a prezentat „ca exercițiu" o problemă matematică, teoria unui joc chinezesc, care trebuia elaborată exact. Mi-am dat toată străduința să rezolv problema, pînă cînd Harold Bohr i-a spus deodată dojenitor lui Hardy : „Nu ar trebui să abuzezi de capacitatea matematică a unui tînăr cu asemenea jucării". În acest timp găsisem doar o parte a teoriei și i-o relatam lui Hardy. Acesta a replicat doar uscat : „Ei, cel puțin pentru atomul de hidrogen noua teorie va fi corectă".

În semestrul de iarnă 1925/1926 am avut de satisfăcut obligațiile mele de învățămînt la Göttingen. În afară de aceasta lucram împreună cu Born și Jordan la dezvoltarea matematică a teoriei cuantice. Born și Jordan obținu-

seră succese decisive în analiza matematică a noii mecanici și, independent de ei, și Dirac la Cambridge atacase aceste probleme, ajungînd în esență la aceleași rezultate. Astfel, am fost întregul semestru de iarnă complet absorbiți de preocuparea de a face accesibil și practicabil noul teren matematic obținut. Întrucît Kramers acceptase un post de profesor în țara sa, Olanda, Bohr mi-a oferit mie postul de lector de fizică teoretică la Universitatea Copenhaga pe care-l deținuse Kramers. Astfel am putut de la Paștile anului 1926 să lucrez din nou la Copenhaga, discuțiile zilnice cu Bohr reprezentînd, ca și înainte, partea cea mai importantă a vieții mele științifice. Teoria atomică era acum pusă în mișcare din multe locuri. Ideile pe care de Broglie le formulase în 1924 asupra dualismului dintre reprezentarea corpusculară și cea ondulatorie au fost reluate de Schrödinger și dezvoltate mai departe sub forma mecanicii ondulatorii. Primele lucrări ale lui Schrödinger apăruseră de curînd (Paștile anului 1926), dar deja auziserăm că Schrödinger reușise, probabil, să demonstreze echivalența matematică a mecanicii sale ondulatorii cu mecanica cuantică, nou dezvoltată. Aceste progrese stăteau în centrul discuțiilor noastre la Copenhaga. Cercetările lui Schrödinger îi păreau lui Bohr din două motive extrem de importante : în primul rînd, ele întăreau încrederea în corectitudinea schemelor matematice, pe care le puteam acum numi, la fel de îndreptățiți, mecanica cuantică sau mecanica ondulatorie. În al doilea rînd, ele ridicau problema dacă nu cumva pentru interpretarea intuitivă a acestor scheme ar trebui urmate drumuri cu totul noi, care nu fuseseră avute în vedere la Copenhaga. Bohr a recunoscut imediat că aici ar trebui să se decidă asupra problemelor fundamentale, cu care el realmente se luptase necontenit din 1913, și și-a concentrat întreaga putere de gîndire să verifice din nou, critic, ar-

gumentele care-l conduseseră la concepte cum ar fi stare staționară, salt cuantic ș.a. Interpretarea mecanicii cuantice forma astfel de acum tema principală a discuțiilor noastre. Eu nu eram de fapt pregătit să recunosc influența teoriei lui Schrödinger asupra interpretării teoriei cuantice, considerînd-o mai degrabă ca un instrument excepțional de valoros pentru a rezolva problemele matematice ale teoriei cuantice, dar nimic mai mult. Bohr părea înclinat, dimpotrivă, să admită deja, în supozițiile de bază ale teoriei, dualismul dintre unde și particule.

Această atitudine fundamentală corespundea faptului că eu mă preocupam în primul rînd numai de aplicarea practică a mecanicii cuantice la spectrul heliului. În aceasta jucau un rol important și măsurătorile frumoase pe care le făcea Foster asupra efectului puternic al spectrului heliului. Foster venise din Canada pentru cîtva timp la Copenhaga ca să compare măsurătorile sale cu noua teorie. Discuțiile s-au purtat în cea mai mare parte în casa de odihnă a doamnei Maar, situată pe stîncile marine ale Nordjaellandei din Dalsgaarde, de lîngă Helsingör. Pe băncile aflate printre straturile de trandafiri ale grădinii, de pe care căutam adesea cu privirea peste Sund munții de pe coasta suedeză, prelucram fotografiile spectrale mărite ale lui Foster și comparam cu rezultatele teoriei imaginile liniilor măsurate. Corespondența era deplină, și eram fericiți să vedem cum ieșeau la iveală, ca să zicem astfel de la sine, atît de multe dintre detaliile cele mai complicate și aparent nesistematice din formulele teoriei cuantice. Iar Bohr se bucura încă o dată, la fel cum se bucurase cu zece ani în urmă în cazul atomului de hidrogen ; efectul puternic oferea una dintre cele mai frumoase confirmări ale faptului că în înțelegerea atomului se aflase pe un drum corect. Adesea discutam și cu Bohr despre teoria generală a spectrului heliului, pe care îl abordasem folosind liber atît metodele lui Schrö-

dinger cît şi pe acelea dezvoltate la Göttingen. Amîndoi eram adînc mulţumiţi de faptul că existenţa ambelor spectre, ortohelium şi parahelium, se putea acum deduce din principii generale, iar corelarea acestei stări cu „principiul lui Pauli" deschidea drumul spre înţelegerea finală a sistemului periodic al elementelor. În iunie am plecat cu lucrarea pe jumătate încheiată în Norvegia, am rămas vreo opt zile în Lillenammer, la Mjösasee, pentru a încheia manuscrisul şi am călătorit apoi singur, cu manuscrisul în rucsac, de la Gudbrandsdal prin lumea de munţi din Jotunheim la Sognefjord, de unde m-am întors la Copenhaga cu vaporul şi trenul. Bohr a fost de acord cu lucrarea mea şi ea putea fi dată la tipar.

În iulie mi-am vizitat părinţii la München şi cu această ocazie am ascultat o conferinţă ţinută de Schrödinger în faţa fizicienilor münchenezi asupra lucrărilor sale de mecanică ondulatorie. Astfel am aflat pentru prima oară de interpretarea pe care Schrödinger voia s-o dea schemei sale matematice a mecanicii ondulatorii şi am fost complet dezolat de confuzia conceptuală care, după părerea mea, se introducea prin aceasta în teoria atomului. Din păcate, încercarea mea din cadrul discuţiilor de a pune din nou conceptele în ordine nu a avut nici un efect. Argumentul meu, conform căruia prin interpretarea lui Schrödinger nici măcar legea radiaţiei a lui Planck nu s-ar putea înţelege, nu a convins pe nimeni, iar Wilhelm Wien, fizicianul experimentator de la Universitatea din München, a răspuns destul de tăios că astăzi ar trebui să se pună efectiv capăt salturilor cuantice şi întregii mistici atomice, greutăţile despre care vorbisem eu fiind deja rezolvate foarte repede de Schrödinger. Nu mai ştiu dacă l-am informat în scris pe Bohr asupra acestor evenimente din München. În orice caz, Bohr l-a invitat pe Schrödinger după puţină vreme la Copenhaga şi l-a

rugat nu numai să conferenţieze asupra mecanicii sale ondulatorii, ci şi să rămînă ceva mai mult la Copenhaga, cu intenţia de a avea timp suficient pentru discuţiile privind interpretarea teoriei cuantice.

Aceste discuţii, care au avut loc, după cîte îmi amintesc, în septembrie 1926 la Copenhaga, mi-au produs o impresie deosebit de puternică, în special personalitatea lui Bohr. Căci, deşi Bohr era un om plin de atenţie şi îndatoritor, în asemenea discuţii, în care erau în joc probleme de cea mai mare importanţă epistemologică, el putea să răzbată în toate argumentele cu un fanatism şi cu o neînduplecare aproape şocantă, pînă la clarificarea lor ultimă. Nu a cedat deloc, chiar dacă trecuseră ore întregi de cînd dura disputa, pînă cînd Schrödinger nu a recunoscut că interpretarea sa nu era suficientă nici pentru a se explica fie măcar legea lui Planck. Toate încercările lui Schrödinger de a ocoli această concluzie amară au fost respinse treptat, punct cu punct, într-o discuţie infinit de dificilă. S-ar putea să fi fost o consecinţă a suprasolicitării faptul că Schrödinger s-a îmbolnăvit după cîteva zile şi a trebuit să stea la pat ca oaspete al casei Bohr. Dar nici atunci Bohr nu se îndepărta deloc de patul lui Schrödinger, şi mereu apărea propoziţia : „Dar, Schrödinger, trebuie totuşi să admiţi că...". Odată Schrödinger a exclamat aproape deznădăjduit : „Dacă va trebui să se rămînă totuşi la aceste blestemate salturi cuantice, atunci regret faptul de a fi avut de-a face cu teoria atomică !" Bohr a răspuns doar : „Noi, ceilalţi, vă sîntem însă atît de îndatoraţi pentru faptul că aţi făcut-o şi prin aceasta aţi ajutat atît de hotărîtor teoria atomului". Schrödinger a plecat de la Copenhaga într-o măsură descurajat, în timp ce noi, cei din institutul lui Bohr, aveam sentimentul că în orice caz interpretarea schrödingeriană a teoriei cuantice, imitînd într-un fel prea uşor teoria clasică, era de acum respinsă, dar că pentru completa înţelegere a

teoriei cuantice ne lipseau încă unele puncte de vedere importante.

Discuţiile dintre Bohr şi colaboratorii săi din Copenhaga s-au concentrat din ce în ce mai mult, începînd din acest moment, asupra problemei centrale a teoriei cuantice, şi anume cum se poate aplica formalismul matematic la procesele experimentale individuale şi cum s-ar putea clarifica prin aceasta paradoxele atît de mult tratate, de exemplu contradicţia aparentă dintre reprezentarea ondulatorie şi cea corpusculară. Erau inventate mereu experimente ideale în care paradoxele apăreau extrem de clar, încercînd să ghicim ce anume răspuns ar da natura în mod probabil în cazul unui asemenea experiment. Aici Bohr şi cu mine tindeam în direcţii oarecum diferite. Bohr încercase deja cu doi ani în urmă, într-o lucrare publicată împreună cu Kramers şi Slater, să facă din dualismul reprezentărilor corpusculară şi ondulatorie punctul de plecare al interpretării teoriei cuantice. Undele trebuiau interpretate ca reprezentînd cîmpuri de probabilitate, în care caz era obligatorie abandonarea legii de conservare a energiei pentru procesul individual. Între timp însă, Bothe şi Geiger au dovedit valabilitatea legii energiei şi pentru procesul individual. În ciuda acestui fapt, Bohr considera pe drept dualismul aparent ca un fenomen atît de central încît acesta îi apărea ca un punct de plecare natural pentru interpretarea teoriei cuantice. Eu însă îmi puneam toată încrederea în formalismul matematic nou obţinut ; întrucît ipotezele fundamentale ale mecanicii cuantice fixaseră deja pentru anumite mărimi interpretarea fizică, credeam că dezvoltarea consecventă a acestor premise ar trebui în mod obligatoriu să ducă la interpretarea generală corectă, astfel încît să nu mai fie necesare nici un fel de împrumuturi făcute de la alte reprezentări intuitive. Prin această deosebire a punctelor de vedere, problemele discutabile erau luminate şi cercetate din

toate părțile, dar paradoxele nu se lăsau ușor înlăturate.

Locuiam pe atunci la mansarda institutului din Blegdamsnej, și Bohr venea deseori seara tîrziu în camera mea pentru a discuta despre dificultățile teoriei cuantice, care ne chinuiau pe amîndoi. Pe de o parte aveam sentimentul că soluția era apropiată, că posedam o descriere matematică evident necontradictorie, pe de altă parte era complet neclar cum ar trebui exprimată în acest formalism chiar și cea mai simplă situație experimentală, de exemplu traiectoria unui electron într-o cameră cu bule. În mecanica cuantică s-a plecat tocmai de la ideea că asemenea traiectorii electronice nici nu ar exista, iar în mecanica ondulatorie nu era de conceput de ce un proces ondulatoriu oarecum localizat, cum ar fi un pachet de unde, nu ar trebui ca după un scurt timp să se împrăștie din nou.

În acest timp, Dirac și Jordan dezvoltaseră teoria transformărilor, la care contribuise și munca pregătitoare din lucrările anterioare ale lui Born și Jordan, și această întregire a schemei matematice ne confirma faptul că nimic nu mai era de schimbat în ceea ce privește aspectul formal al teoriei cuantice, că totul depindea numai de unirea matematicii cu experimentele într-o modalitate necontradictorie. Dar cum anume trebuia să se petreacă aceasta rămînea ca și pînă acum în întuneric. Astfel, discuțiile noastre de seară durau nu de puține ori pînă după miezul nopții, și ne despărțeam adesea nesatisfăcuți, deosebirea de direcție în care căutam soluția părîndu-ne de multe ori a reprezenta un obstacol. După una dintre aceste convorbiri tîrzii am ieșit încă adînc tulburat în Fälledpark, în spatele institutului, pentru a mă liniști înaintea somnului printr-o plimbare în aer proaspăt. Pe acest drum, sub stelele nopții mi-a venit ideea aproape evidentă că ar trebui poate pur și simplu să se postuleze faptul că natura permite numai asemenea situații experimentale

care ar putea fi descrise în schema matematică a mecanicii cuantice. Aceasta înseamnă — şi aceasta se poate deduce din formalismul matematic — că locul şi viteza unei particule nu pot fi cunoscute simultan cu exactitate. Nu am ajuns să discut amănunţit aceste posibilităţi cu Bohr, deoarece Bohr plecase chiar în acele zile (sfîrşitul lui februarie 1927) într-o vacanţă de ski în Norvegia. Probabil Bohr era de asemenea bucuros să-şi poată urma nestingherit propriile sale gînduri asupra interpretării teoriei cuantice. Şi eu puteam acum, rămas singur la Copenhaga, să dau drum liber ideilor mele şi m-am hotărît să fac din sus-amintita relaţie de nedeterminare punctul central al interpretării. Amintirea unei discuţii pe care o avusesem cu mult în urmă, la Göttingen, cu un prieten de studii m-a dus la ideea de a cerceta posibilitatea măsurării poziţiei printr-un microscop cu raze γ, şi astfel a rezultat foarte repede o interpretare a teoriei cuantice care mi se părea a fi coerentă şi lipsită de contradicţii. Am scris după aceasta o lungă scrisoare lui Pauli, un fel de schiţă preliminară a unei lucrări, iar răspunsul lui Pauli a fost deosebit de pozitiv şi încurajator. Cînd s-a întors Bohr din Norvegia, am putut să-i prezint deja o primă formă a unui studiu şi scrisoarea lui Pauli. Bohr a fost la început oarecum nemulţumit ; el mi-a arătat că în această primă formă cîteva afirmaţii erau încă fals întemeiate, şi întrucît el insista pe drept pentru claritate severă chiar şi în privinţa detaliilor, acest punct îl deranja foarte tare. El însuşi îşi imaginase deja în Norvegia conceptul de complementaritate, care ar oferi posibilitatea de a se face din dualismul dintre imaginile ondulatorie şi corpusculară punctul de plecare al interpretării. Acest concept al complementarităţii corespundea exact acelei atitudini filozofice fundamentale pe care el o împărtăşise întotdeauna şi în care insuficienţa mijloacelor noas-

tre de expresie era considerată o problemă filozofică centrală. De aceea îl deranja faptul că eu nu voiam să plec de la dualismul dintre unde și particule. După cîteva săptămîni de discuții, care nu au fost lipsite de tensiuni, am recunoscut însă în cele din urmă, în special datorită influenței lui Oskar Klein, că noi aveam în esență aceeași intenție, că însăși relația de nedeterminare reprezenta numai un caz special al acelei complementarități mai generale. Am trimis astfel lucrarea mea îmbunătățită la tipar, iar Bohr a pregătit o expunere completă asupra conceptului complementarității.

Cum anume corespundea interpretarea prin conceptul complementarității cu vechile intuiții filozofice ale lui Bohr mi-a apărut în mod special dintr-un episod care s-a petrecut, dacă-mi amintesc exact, în timpul unei plimbări cu un vas cu pînze de la Copenhaga spre Svendborg din Fyn. Bohr avea pe atunci împreună cu cîțiva prieteni și colegi un vas cu pînze, al cărui căpitan era iscusitul și simpaticul fizician-chimist Bjerrum. Excelentul chirurg Chiewitz se îngrijea de umor, chiar în timpul furtunilor, iar ceilalți prieteni contribuiau fiecare în felul său la această viață fericită și liberă. Bohr era preocupat de noua interpretare a teoriei cuantice, și pe cînd vasul mergea cu pînzele întinse spre sud, fără ca noi să facem neapărat ceva, rămînea timp suficient pentru diferite relatări despre evenimentele științifice și pentru considerații filozofice asupra esenței teoriei atomice. Bohr a început să vorbească despre dificultățile limbii, despre insuficiența tuturor mijloacelor noastre de expresie, pe care trebuie să le acceptăm inevitabil ca apriorice, atunci cînd am vrea, în general, să ne îndeletnicim cu știința, și el a declarat că este satisfăcător faptul că această insuficiență este exprimată într-o manieră matematică deja clară în fundamentele teoriei atomice. Unul dintre prieteni a spus sec: „Dar, Niels, nu e realmente nimic nou,

aceasta ne-ai povestit-o tu exact la fel acum zece ani".

Sfîrşitul acestei epoci aventuroase din istoria teoriei atomului l-au format Conferinţele Solvay de la Bruxelles din toamnele anilor 1927 şi 1930. Aici au fost prezenţi Planck, Einstein, Lorentz, Bohr, de Broglie, Born, Schrödinger — şi — din generaţia tînără — Kramers, Pauli, Dirac, iar discuţia s-a ascuţit mai tîrziu sub forma unui duel între Einstein şi Bohr asupra problemelor dacă teoria cuantică şi forma pe care o obţinuse ar putea fi considerate deja ca o soluţie definitivă a dificultăţilor dezbătute timp de mai multe decenii. Ne întîlneam cel mai adesea la masa pentru micul dejun în hotel. Einstein a început să descrie un experiment ideal prin care, credea el, vor deveni evidente contradicţiile interne ale interpretării copenhagheze. Einstein, Bohr şi cu mine plecam după aceea împreună de la hotel la sala conferinţei, iar eu ascultam discuţiile vii dintre cei doi oameni atît de diferiţi în concepţiile lor filozofice şi ocazional interveneam cu cîte o observaţie asupra formalismului matematic. În cursul şedinţelor, şi mai ales în pauze, noi, cei tineri, în special Pauli şi cu mine, încercam să analizăm experimentul lui Einstein, iar la vremea amiezii continuau discuţiile între Bohr şi alţi colegi. Bohr a avut gata după-amiază analiza completă a experimentului ideal şi i-a prezentat-o lui Einstein la masa de seară. Einstein nu a putut obiecta nimic concret analizei, dar în adîncul său nu era convins. Ehrenfest, prietenul olandez al lui Bohr, i-a spus : „Einstein, îmi este ruşine pentru tine, căci tu te raportezi acum la teoria cuantică la fel cum au făcut-o adversarii teoriei relativităţii în încercările lor zadarnice de a o contrazice". În ultima zi, Einstein a adus la micul dejun cunoscutul experiment (explicat în articolul lui Bohr la a 70-a aniversare a lui Einstein), în care culoarea cuantelor de lumină ar trebui să fie determinată prin

cîntărirea sursei de lumină înainte și după emisia cuantelor. Întrucît aici intervenea greutatea, trebuia să se introducă în analiză teoria gravitației, deci teoria generală a relativității. A fost un deosebit triumf faptul că Bohr, seara, folosind tocmai formulele einsteiniene ale teoriei generale a relativității, a putut să arate că și în acest experiment relația de nedeterminare se păstrează, că obiecția lui Einstein era astfel neîntemeiată. Cu aceasta părea că de acum interpretarea copenhagheză a teoriei cuantice era asigurată.

În toamna lui 1972 a trebuit să părăsesc Copenhaga, întrucît acceptasem un post de profesor la Universitatea Leipzig. Deși mă întorceam aproape în fiecare an pentru cîteva săptămîni la Copenhaga și discutam cu Bohr asupra problemelor care ne interesau pe amîndoi, timpul acelei colaborări strînse, care fusese plin pînă la limită de evenimente științifice tulburătoare și în care am învățat nesfîrșit de multe de la Bohr, luase astfel, din păcate, sfîrșit.

II

FIZICA — DINCOLO DE DOMENIUL EI

ŞTIINŢA CA MIJLOC DE ÎNŢELEGERE ÎNTRE POPOARE *

Dragi studenţi !

S-a spus adesea că ştiinţa reprezintă o punte între popoare, că ea serveşte înţelegerii acestora. S-a accentuat mereu, pe drept, că ştiinţa este internaţională, că gîndirea oamenilor se îndreaptă spre probleme care pot fi înţelese de multe popoare şi la a căror soluţionare pot lua parte cercetători aparţinînd unor limbi sau rase diferite. Vorbindu-vă astăzi despre acest rol important al ştiinţei, nu aş vrea să trec prea uşor peste această temă fără a dezbate şi tezele opuse, care se mai aud încă adesea : ştiinţa este naţională, gîndirea unor rase diferite este fundamental deosebită şi astfel este şi ştiinţa lor. Mai departe, ştiinţa trebuie să servească în primul rînd propriului popor, să asigure puterea politică proprie. Căci, în primul rînd, ştiinţele naturii formează baza tehnicii şi prin aceasta a progresului practic şi a puterii militare, iar în al doilea rînd este sarcina ştiinţelor spiritului aceea de a întemeia concepţia despre lume, adică acele opinii care par în ochii propriului popor ca fundament al puterii politice. Care dintre aceste două concepţii este cea corectă, ce greutate au argumentele care au fost invocate în sprijinul lor ?

* Discurs ţinut în faţa studenţilor din Göttingen la 13.7.1946. Apărut iniţial în *Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft*, Stuttgart, S. Hirzel Verlag, 1959.

1. Dacă dorim să clarificăm aceste probleme, trebuie mai întîi să știm cum se face realmente știința și cum ajunge în contact omul individual cu problema sa științifică și cu oamenii care ca și el sînt interesați de această problemă. Întrucît eu cunosc bine numai știința mea, nu mi-o veți lua în nume de rău dacă vă voi vorbi mai întîi despre fizica atomică și vă voi spune cum m-am orientat eu însumi ca student spre acest domeniu.

În 1920, cînd părăseam liceul, pentru a urma Universitatea din München, situația externă era pentru tinerime aproximativ asemănătoare cu cea de astăzi. Înfrîngerea din primul război mondial a trezit în noi o adîncă neîncredere în idealul pentru care fusese purtat și pierdut acest război și care ne apărea acum inconsistent ; noi ne-am luat de aceea dreptul de a căuta singuri ce este valoros și ce este lipsit de valoare în această lume, fără a mai întreba despre aceasta pe părinții și pe profesorii noștri. Pe lîngă multe alte valori, am descoperit atunci din nou și știința ; după studiul unor cărți de popularizare am început să mă interesez despre ce reprezintă un atom și care anume dintre ciudatele afirmații care s-au făcut în teoria relativității despre spațiu și timp sînt întemeiate. Astfel am ajuns la cursul profesorului meu de mai tîrziu, Sommerfeld, care a înțeles să țină mereu treaz acest interes și de la care am învățat în cursul semestrului cum a dezvoltat el pe baza cercetărilor lui Röntgen, Planck, Rutherford și Bohr o înțelegere nouă, mai adîncă a atomului. Am aflat astfel că danezul Niels Bohr și lordul englez Rutherford și-au reprezentat atomul ca un mic sistem planetar și că se va reuși probabil odată, cu ajutorul teoriei lui Bohr, să se deriveze din traiectoria planetară a electronilor toate proprietățile chimice ale elementelor, dar că, pînă acum, aceasta nu s-a reușit încă. Acest ultim punct m-a atras pe mine, natural, cel mai mult, și orice lucrare a

lui Bohr era discutată în seminarul münchenez cu multă pasiune și ardoare. De aceea vă puteți închipui ce a însemnat pentru mine faptul de a fi fost invitat de Sommerfeld în vara anului 1922 să-l însoțesc la Göttingen pentru a asculta o serie de conferințe pe care Niels Bohr trebuia să le țină asupra teoriei sale a atomului aici, la casa universității. Această săptămînă de conferințe din Göttingen, despre care la noi s-a vorbit mai tîrziu mereu ca despre „Festivalul Bohr", a fost hotărîtoare pentru relațiile mele ulterioare cu știința, și în mod deosebit cu fizica atomului.

Mai întîi, se putea urmări în conferințele lui Bohr puterea de gîndire a unui om care realmente s-a luptat cu aceste probleme, astfel încît ajunsese să le cunoască mai bine decît oricare alt om din lume. Apoi existau unele puncte asupra cărora eu îmi formasem mai înainte, în München, alte opinii decît cele pe care le auzeam expuse de către Bohr ; am ajuns să dezbatem aceste probleme împreună cu Bohr, cu prilejul unor plimbări comune la Rohn și pe Hainberg.

Aceste discuții mi-au lăsat cea mai adîncă impresie ; am învățat, în primul rînd, de la el că era evident indiferent pentru înțelegerea structurii atomului dacă ești german, danez sau englez ; mai apoi am învățat ceva poate și mai important, că tocmai în știință se poate, în cele din urmă, decide ce este adevărat și ce este fals ; aici nefiind vorba despre credință sau concepție despre lume sau ipoteze, ci despre o afirmație determinată care finalmente este adevărată, celelalte fiind false ; iar care anume este adevărată, aceasta o decide din nou nu credința sau originea, sau rasa, ci aceasta o decide natura sau, dacă doriți astfel, bunul dumnezeu, în orice caz însă nu oamenii.

Îmbogățit cu aceste cunoștințe, m-am întors apoi la München și mi-am continuat, sub conducerea profesorului Sommerfeld, propriile mele încercări de a merge mai departe în problemele

structurii atomului. După examenul de doctor am plecat în toamna anului 1924, cu ajutorul unei burse Rockeffeller, la Copenhaga pentru a lucra cu Bohr. Acolo am intrat într-un cerc format din oameni tineri aparținînd unor națiuni diferite ; englezi, americani, suedezi, norvegieni, olandezi, japonezi, oameni sinceri, care doreau să lucreze la aceeași problemă, teoria atomică a lui Bohr, și care în rest erau aproape întotdeauna împreună ca o familie, la excursii și jocuri, la petreceri și sport. În cadrul acestui cerc de fizicieni atomiști am avut ocazia să cunosc realmente oameni aparținînd altor popoare și modul lor de gîndire. Obligația de a învăța și a vorbi limbi străine era cea mai bună educație în vederea familiarizării cu alte zone ale vieții, cu literatura și arta străină și, prin aceasta, pentru a învăța să judeci mai bine și raporturile din propria ta țară. De asemenea îmi era din ce în ce mai clar ce puțină importanță avea deosebirea dintre popoare și rase atunci cînd era vorba de o muncă comună la anumite probleme dificile ; chiar și deosebirea de gîndire, care se exprimă în mod special, de exemplu, în artă, o simțeam mai degrabă ca o îmbogățire a propriilor mele posibilități decît ca o distorsiune.

Astfel am ajuns, de exemplu, în vara lui 1925 la Cambridge, în Anglia, și am ținut o expunere în fața unui mic cerc de teoreticieni, într-un colegiu, în sala de lucru a fizicianului rus Kapița, asupra studiului meu de atunci. Printre participanți se afla un student de 23 de ani, neobișnuit de talentat, Dirac, care a preluat problemele mele și în cîteva luni după aceea a construit, grație superiorității cunoștințelor sale de matematică, o teorie cuantică unitară a învelișului atomic. Maniera sa de a gîndi era extrem de îndepărtată de a mea, metodele sale matematice erau mai elegante și mai neobișnuite decît metodele noastre de la Göttingen ; la sfîrșit el a ajuns însă, în punctele esențiale, la rezultate echivalente cu acelea pe care le-am obținut

Born, Jordan și cu mine la Göttingen ; sau rezultatele se întregeau reciproc în modul cel mai elegant — încă o dovadă a faptului că știința este *obiectivă*, că ea nu depinde de limba, rasa sau credința cercetătorului.

Pe lîngă Copenhaga și Cambridge, Göttingen rămăsese un centru al acestei familii internaționale de fizicieni atomiști, condus aici de Franck, Born și Pohl ; pe atunci studiau aici, la Göttingen, mulți dintre oamenii despre care voi citiți astăzi în legătură cu bomba atomică, cum ar fi Oppenheimer, Blackett sau Fermi.

Am vorbit despre aceste amintiri personale numai pentru a vă arăta printr-un exemplu cît de internațională este de fapt comunitatea științei. Natural, timp de secole nici în alte științe nu a fost altfel ; această familie a fizicienilor atomiști nu este ceva special, și v-aș putea enumera din istoria științei multe grupuri internaționale de savanți care, prin munca lor comună la un cerc nou de probleme, erau uniți pe deasupra granițelor dintre popoarele lor.

Ar trebui poate în amintirea lui Leibniz, care va fi sărbătorit în mod deosebit în acest an, și în amintirea întemeierii academiilor științifice să mai numesc acel grup de cercetători care în secolul al XVII-lea au întemeiat știința matematică a naturii în Europa. Aș cita cîteva propoziții pe care Dilthey le-a scris despre această epocă :

„Între puținele persoane care și-au dedicat viața acestei științe noi, existau niște relații care nu erau limitate de nici o graniță de limbă sau națiune. Ei formau o nouă aristocrație și se simțeau ca atare. Așa cum se simțiseră mai înainte în epoca Renașterii umaniștii și artiștii. Limba latină și apoi cea franceză făceau posibilă cea mai ușoară înțelegere reciprocă, și ele reprezentau instrumentul unei literaturi științifice mondiale. Parisul era deja la mijlocul secolului al XVII-lea centrul colaborării gînditorilor și cercetătorilor naturii. Acolo își schimbau ideile Gassendi, Mersenne și Hobbes, însuși mîndrul

pustnic Descartes apărea temporar în acest cerc, și prezența sa la Paris a făcut epocă în viața lui Hobbes și apoi în aceea a lui Leibniz ; căci amîndoi au fost acolo cuprinși de spiritul științei matematice a naturii. După aceea, un alt centru a devenit Londra..."

În acest fel s-a realizat în toate timpurile știința, iar „Republica savanților" a jucat mereu în viața europeană un rol hotărîtor. Prin aceasta se înțelege de la sine faptul că apartenența la un asemenea cerc internațional nu a împiedicat deloc pe cercetătorii individuali să servească prin opera lor propriul popor și să se simtă ca membru al acestui popor. Dimpotrivă, extinderea orizontului intelectual ne-a făcut mai degrabă să apreciem și să iubim în mod deosebit aspectele pozitive ale patriei noastre, să ne simțim obligați mai mult față de ea decît față de oricare altă țară.

2. După ce s-a vorbit îndeajuns despre aceasta, trebuie să ajungem la întrebarea de ce toate aceste colaborări științifice, toate aceste relații umane pure ajută aparent atît de puțin atunci cînd este vorba de a împiedica ura și războiul.

Aici trebuie scos mai întîi în evidență faptul că știința reprezintă doar o mică parte a vieții publice, că doar foarte puțini oameni din fiecare stat au de-a face realmente cu știința. Politica însă este modelată de forțe mai puternice ; aici intră în scenă comportamentul unor mase enorme de oameni, situația lor economică, tendința spre putere a unor grupuri de oameni oarecum favorizați de tradiție, și aceste forțe s-au impus pînă acum mereu împotriva acelui mic număr de oameni care ar fi fost în stare să analizeze problemele disputate în sensul științei, adică obiectiv, realist și în spiritul înțelegerii. Influența științei asupra politicii a rămas întotdeauna extrem de redusă. Acest fapt, luat în sine, este ușor de înțeles, el îl pune însă pe cercetător foarte des într-o situație care, în multe

privințe, este mai grea decît a oricărui alt grup de oameni. Căci știința are prin urmările ei practice realmente o mare influență asupra vieții popoarelor ; civilizația și puterea politică depind de nivelul științei, iar aceste consecințe practice nu pot fi ignorate de savant nici chiar atunci cînd propriile sale interese științifice izvorăsc din alte surse mai pure. Astfel, acțiunea unui cercetător a avut adesea o mult mai mare greutate decît ar fi dorit-o el însuși și nu a fost cruțat de a decide absolut singur, după propria sa conștiință, ce anume lucruri să considere bune sau rele. Cînd opozițiile dintre popoare deveneau ireconciliabile, nu-i rămînea adesea decît alegerea dureroasă de a se îndepărta de oamenii propriului său popor ori de aceia de care-l lega munca lor comună. Desigur, situația se prezintă din acest punct de vedere oarecum deosebită în diferite științe. Medicul, care ajută prin opera sa pur și simplu alți oameni, indiferent din ce popor, poate să pună în acord în munca sa mai ușor cerințele statelor cu propria sa conștiință decît fizicianul, ale cărui cunoștințe ar putea conduce la construirea unor arme distrugătoare. În ansamblu rămîne însă întotdeauna o tensiune între cerința statelor — știința trebuie să servească în primul rînd intereselor practice ale propriului popor, deci și întăririi propriei puteri politice — și obligația cercetătorului față de opera comună începută cu oameni de alte națiuni.

Raportul dintre omul de știință și stat s-a modificat în deceniile trecute într-o manieră caracteristică. În timp ce în primul război mondial legăturile interne ale oamenilor de știință cu statele lor erau atît de strînse încît de mai multe ori au fost excluși din academii savanți ai altor țări și s-au semnat rezoluții în favoarea propriilor cauze și împotriva altor popoare, asemenea fapte nu s-au mai întîmplat în vremea celui de-al doilea război, legătura reciprocă a cercetătorilor a fost adesea mai puternică, și anume

într-o asemenea măsură încît în multe țări au apărut dificultăți între savanți și propriile lor guverne. Pe de o parte, cercetătorul și-a pretins dreptul să judece independent și fără obligații filozofice politica guvernului lui ; pe de altă parte, statul din multe țări se opunea relațiilor internaționale ale cercetătorilor, cu o profundă neîncredere, astfel încît savanții erau tratați adesea ca prizonieri în propria lor țară, iar relațiile lor internaționale păreau vulnerabile moraliceşte. Invers, pentru savanții de azi a devenit aproape de la sine înțeles că acolo unde este posibil trebuie să fie ajutați chiar și savanții care aparțin unor țări dușmane.

Poate că această evoluție semnifică o fericită întărire a legăturilor internaționale în raport cu cele naționale, dar trebuie să avem grijă ca aceasta să nu se transforme în punctul de plecare al unui val periculos al neîncrederii și al urii maselor mari de oameni împotriva situației savanților.

Greutăți de genul sus-amintit au existat, desigur, și la începutul epocii moderne, atunci cînd oamenii de știință au împărtășit, în opoziție cu puterea politică, principiul fundamental al toleranței și al independenței față de concepțiile dogmatice. Nu trebuie să ne gîndim decît la Galilei și la Giordano Bruno. Dar aceste dificultăți au astăzi poate o mai mare pondere ca înainte, deoarece consecințele practice ale științei au luat o asemenea proporție încît acum se află în joc absolut nemijlocit soarta a milioane de oameni.

Ajung cu aceasta la o latură foarte îngrijorătoare a vieții de astăzi, pe care trebuie s-o recunoaștem clar pentru a acționa corect. Mă gîndesc nu numai la faptul că fizica a pus stăpînire în ultimii ani pe surse de energie care ar putea duce la distrugeri inimaginabile, ci și la posibilitățile din alte domenii de a interveni asupra naturii, devenite extrem de periculoase. Mijloacele chimice nu au fost totuși folosite ca

mijloc de distrugere a vieții în acest război. Dar chiar și în domeniul biologiei s-a pătruns atît de adînc în procesele eredității, în structura și chimia macromoleculelor proteice încît producerea artificială a celor mai periculoase boli molipsitoare sau influențarea evoluției biologice a oamenilor în sensul unei anumite disciplinări dorite aparțin domeniului posibilului. În fine, și influențarea spirituală a oamenilor ar putea, dacă este exercitată după modalități științifice, să conducă la modificări sufletești pline de consecințe în cadrul unor mari mase de oameni. Există impresia că știința, să zicem astfel, se apropie pe un front larg de un domeniu în care viața și moartea omenirii în general ar putea să depindă în modul cel mai îngrijorător de acțiunile unui singur grup extrem de mic de oameni. Pînă acum maniera jurnalistică și senzațională în care se vorbește despre aceste lucruri în ziare îi împiedică încă pe oameni să recunoască pericolul enorm cu care ne amenință această evoluție inevitabilă. Dar din nou, este sarcina științei de a face pe alți oameni să înțeleagă cît de periculoasă a devenit această lume și cît de important este ca toți oamenii, independent de legăturile naționale sau ideologice, să se unească pentru a preîntîmpina acest pericol. Desigur, aceasta este mai ușor de spus decît de făcut, dar, în orice caz, ea este o sarcină care nu mai poate fi ocolită.

Cercetătorul individual stă însă în fața cerinței amare de a trebui, complet liber de toate legăturile, să decidă după propria sa conștiință care lucru este bun sau chiar : care dintre două lucruri este mai puțin rău. Nu putem ascunde faptul că mase mari de oameni și odată cu ele potentații care le guvernează, orbiți adesea de prejudecăți, acționează irațional, iar acela care le oferă cunoașterea științifică poate cădea ușor

în situația despre care vorbește Schiller în versurile sale : „Vai de acela care împrumută orbului pe vecie lumina făcliei cerești, ea nu-l va ilumina, ea poate doar să aprindă și să prefacă în cenușă orașe și țări".

Poate știința, în această situație, să contribuie realmente la înțelegerea între popoare ? Ea poate descătușa mari forțe, mai mari ca oricare altele pe care le-a posedat omul, dar forțele duc la haos dacă nu sînt coordonate dintr-un singur centru.

3. Și cu aceasta am ajuns la cea mai specifică sarcină a științei. Evoluția schițată mai sus, în care forțele naturii, aparent dominate de oameni, se întorc împotriva lor și produc mari distrugeri, stă, desigur, într-o strînsă corelație cu anumite procese spirituale ale timpului nostru, despre care va trebui să vorbim acum.

Să ne întoarcem cu cîteva secole în istorie. La sfîrșitul evului mediu, oamenii aveau pe lîngă realitatea creștină, în centrul căreia se afla revelația divină, și cealaltă realitate, pe care o descoperă experiența materială, realitatea obiectivă, despre care putem obține cunoștințe prin experiența senzorială sau prin experimentele realizate asupra naturii. Dar chiar și prin pătrunderea în acest nou domeniu al realității au rămas nemodificate anumite forme fundamentale ale gîndirii. Lumea consta din lucrurile aflate în spațiu, care se modifică în timp prin cauză și acțiune, și în afară de aceasta exista domeniul spiritual, realitatea sufletului propriu, în care se reflecta lumea externă ca într-o oglindă mai mult sau mai puțin perfectă. Cu toate că această nouă realitate a Epocii Moderne, a cărei imagine era determinată de știința naturii, se deosebea atît de mult de realitatea creștină, totuși ea înfățișa încă o ordonare divină a lumii, în care oamenii, cu acțiunile și faptele lor, se aflau pe un teren solid și nu trebuiau să se îndoiască de sensul vieții lor. Lumea era infinită în spațiu și timp, ea luase într-o

anumită măsură, locul lui dumnezeu sau, prin infinitatea ei, devenise cel puțin simbolul dumnezeirii.

Dar chiar și această imagine asupra lumii a fost distrusă de-a lungul secolului nostru. În măsura în care acțiunea practică a devenit centrul concepției despre lume, schemele de gîndire fundamentale și-au pierdut semnificația lor absolută ; spațiul și timpul înseși au devenit obiect al experienței, pierzîndu-și conținutul simbolic. În știință a pătruns din ce în ce mai mult conștiința faptului că înțelegerea lumii nu poate să înceapă cu o anumită cunoaștere sigură, că nu se poate întemeia pe solul tare al unei asemenea cunoașteri, ci că toate cunoștințele plutesc pe o mare fără fund.

Acestei evoluții din domeniul științei îi corespunde probabil în viața oamenilor creșterea sentimentului relativității tuturor valorilor, sentiment care poate fi urmărit de cîteva decenii și care s-a intensificat într-o atitudine sceptică, la sfîrșitul căreia stă întrebarea disperată „pentru ce ?". Astfel s-a dezvoltat acea atitudine numită „nihilism", credința în nimic. Din această perspectivă viața apare lipsită de sens. ea reprezentînd, în cel mai bun caz, o aventură în care sîntem aruncați fără asentimentul nostru. Forma cea mai supărătoare în care întîlnim această atitudine în mari părți ale lumii de azi este, cum s-a exprimat von Weizsäcker de curînd, nihilismul iluzionar, adică nihilismul învăluit în iluzii și automințire.

Trăsătura caracteristică a acestei atitudini nihiliste este lipsa unui centru ordonator, din care individul să-și primească în fiecare caz orientarea și forța. Aceasta se exprimă în viața indivizilor prin lipsa unui instinct sigur pentru ceea ce este drept și nedrept, pentru ceea ce este iluzie și ceea ce este pur, iar în viața popoarelor această lipsă duce la fenomenul straniu că forțe neobișnuite acumulate pentru realizarea unui scop anumit își modifică direcția și ajung prin-

tr-o acțiune distrugătoare exact la opusul acestui scop ; la această răsfrîngere a forțelor, oamenii, adesea orbiți de ură, privesc doar cu nepăsare și cu cinism.

Am spus mai sus că această evoluție a comportării oamenilor este probabil într-o strînsă legătură cu evoluția gîndirii umane, și ca urmare trebuie pusă întrebarea dacă nu cumva și în știință s-a pierdut acest centru ordonator, care în alte domenii ale vieții s-a îndepărtat de noi. Aș dori acum foarte mult să vă lămuresc că nu poate fi vorba despre așa ceva ; că, dimpotrivă, situația spirituală în știință reprezintă azi poate cel mai tare argument pe care-l avem pentru o atitudine mai optimistă față de marile probleme ale lumii.

Căci, deși și în domeniile științei, cum am spus mai înainte, ne amintim de faptul că întreaga cunoaștere plutește pe o mare fără fund, *tocmai* în aceste domenii s-a atins, în sfîrșit, o ordine a fenomenelor clară ca cristalul ; o ordine a cărei transparență și putere de convingere sînt atît de mari încît este considerată de cercetătorii unor popoare și rase diferite ca fundament neîndoielnic al meditației și al unei cunoașteri mai largi. Natural, există în știință și eroarea, și poate dura uneori vreme îndelungată pînă cînd ea va fi recunoscută și depășită. Noi putem însă să ne încredem întotdeauna în faptul că, în cele din urmă, se va decide ce este adevărat și ce este fals și că noi vom ști acest lucru ; iar această decizie nu depinde de credința, de rasa, de originea cercetătorilor, ci este valabilă pentru toți oamenii și pentru toate timpurile. Pe cînd în viața politică a oamenilor nu pot fi astfel deloc împiedicate schimbarea constantă a valorilor, lupta unor iluzii și a unor idealuri neadevărate împotriva unor alte iluzii și idealuri neadevărate, în știință intrăm într-un domeniu în care ceea ce spunem este în cele din urmă ori adevărat, ori fals. Și aici există o altă putere mai înaltă, care, neinfluențată de dorin-

ţele noastre, decide definitiv şi prin aceasta valorizează. În centru se află aici, aşa mi se pare, domeniul ştiinţei pure, în care nu este deloc vorba despre aplicaţii practice, în care, dacă pot să spun astfel, gîndirea pură urmăreşte mai mult armoniile ascunse ale lumii. Acest domeniu interior, în care ştiinţa nu se mai poate separa de artă, este poate pentru omenirea actuală locul în care ea se întîlneşte cu adevărul în toată puritatea sa, neînvăluit de ideologiile şi dorinţele umane.

S-ar putea obiecta, desigur, că acest domeniu este totuşi închis pentru marea masă a oamenilor şi tocmai de aceea el are o semnificaţie minoră pentru comportarea oamenilor. Însă marea masă a oamenilor nu a avut nici în alte perioade acces nemijlocit la sferele centrale de activitate, şi poate le este şi astăzi suficient să ştie că această poartă nu le este deschisă tuturora, dar că dincolo de această poartă nu pot fi înşelaţi, că tocmai acolo decide o putere superioară, şi nu noi înşine. În vremurile de demult, oamenii puteau să vorbească în diferite moduri asupra acestei sfere centrale. Se foloseau concepte cum ar fi „sens", „Dumnezeu" sau se vorbea despre ea în parabole sau în tonuri, sau în imagini. Chiar şi astăzi există multe drumuri spre acest centru, iar ştiinţa este doar unul dintre acestea. Dar în epoca noastră poate nu există o altă limbă general recunoscută în care se poate spune inteligibil tot ce putem afla asupra acestei sfere ; de aceea pentru mulţi ea nu mai este evidentă. Ea există însă la fel de mult ca şi pentru toate celelalte timpuri, iar ordinea lumii poate proveni numai din acest domeniu şi numai de la acei oameni a căror viziune asupra ei nu este blocată.

Dacă ştiinţa trebuie, aşadar, să contribuie la înţelegerea între popoare, atunci ea nu poate face aceasta prin importanţa ei *practică*, nici prin bunăvoinţa pe care ea, de exemplu, o manifestă faţă de un bolnav, nici prin groaza cu care

ea poate sili o putere politică s-o recunoască, ci numai prin aceea că îndrumă privirea spre acel domeniu central din care se ordonează lumea în totalitatea ei ; astfel, pur și simplu poate numai prin aceea că ea este frumoasă. Celui căruia îi pare o aroganță a-i atribui această pondere științei în epoca contemporană i s-ar putea aminti că, deși noi putem, pe bună dreptate, în multe domenii ale vieții să invidiem epocile anterioare, care au făcut lucruri mai bune decît noi, epoca noastră însă nu este egalată de nici una dinaintea ei în privința realizărilor științifice, în cunoașterea pură a lumii.

Astfel, indiferent ce se va întîmpla în alte domenii în deceniile următoare, interesul oamenilor pentru cunoaștere va rămîne treaz. Chiar dacă acest interes ar putea fi pentru un timp umbrit de consecințele practice ale științei și de tendința spre putere, el se va impune și va uni oamenii unor popoare și rase diferite. Mereu vor fi fericiți oamenii în toate părțile pămîntului atunci cînd vor dobîndi o nouă cunoaștere și ei vor fi mereu recunoscători aceluia care a exprimat-o mai întîi.

Dragi studenți, v-ați adunat aici pentru a contribui în cercul vostru la înțelegerea dintre popoare ; nu veți putea face aceasta mai bine decît dacă cu libertatea și lipsa de grijă a tinerilor veți cunoaște oamenii altor țări, modul lor de a gîndi și de a simți ; decît dacă preocupîndu-vă de știință veți ajuta la răspîndirea acelei maniere serioase și incoruptibile de gîndire, fără de care nu este posibilă nici o înțelegere, și decît dacă dincolo de știință veți urmări și respecta acele lucruri care sînt în fond determinante și despre care este atît de greu de vorbit.

CONCEPTUL DE „TEORIE ÎNCHISĂ" ÎN ȘTIINȚA MODERNĂ A NATURII *

Interpretarea fizică a teoriei cuantice moderne a pus anumite probleme epistemologice care privesc în general conținutul de adevăr al teoriilor științelor naturii. Pentru înțelegerea punctului de vedere din care judecăm astăzi pretenția de adevăr a unei asemenea teorii, este oportun să urmărim dezvoltarea istorică și să observăm pe baza ei cum s-au modificat obiectivele științelor naturii în decursul secolelor. Înainte de a trece la discutarea problemelor principale să începem cu o scurtă privire istorică.

1. Să ne amintim de începutul științei moderne a naturii din secolele al XVI-lea și al XVII-lea. Kepler voia să recunoască armonia sferelor în mișcarea aștrilor, în fenomene individuale de o deosebită însemnătate și măreție ; el credea că se află prin aceasta, nemijlocit, în fața cunoașterii planului divin al creației. Ideea unei înțelegeri matematice complete a tuturor fenomenelor individuale de pe acest pământ îi era complet străină.

Newton nu s-a mai mulțumit cu stabilirea unor legi individuale de o deosebită frumusețe matematică. El a dorit să clarifice direct procesele mecanice ; el a recunoscut și faptul că aceasta era o sarcină practic nemărginită. El

* Articolul a fost tipărit, la inițiativa lui Wolfgang Pauli, în 1948 în revista *Dialectica*, Neuchâtel, Elveția.

credea însă că va putea să stabilească conceptele şi legile fundamentale pe baza cărora cel puţin în viitor o asemenea explicaţie ar trebui să fie posibilă. Newton a corelat conceptele fundamentale printr-un grup de axiome, care pot fi traduse nemijlocit în limbaj matematic, şi prin aceasta a creat pentru prima dată posibilitatea reproducerii unei multitudini de fenomene într-un formalism matematic. Prin calcul, procesul individual complicat putea fi înţeles şi, prin aceasta, „explicat" ca o consecinţă a legilor fundamentale. Chiar cînd procesul însuşi nu era observat, producerea sa putea fi „prezisă" din condiţiile iniţiale şi presupoziţiile fizice.

Perfecţionarea acestei mecanici de către generaţiile ulterioare a dus la un asemenea succes încît s-a născut ideea că, în principiu, toate procesele din lume ar putea fi reduse la procese mecanice, cum ar fi acelea care se petrec cu cele mai mici părţi ale materiei. Asupra corectitudinii mecanicii newtoniene se credea că ea nu mai putea fi supusă îndoielii. Întrucît în această mecanică se putea calcula din condiţiile iniţiale întregul viitor al sistemului, s-a conchis astfel că cunoaşterea exactă a tuturor circumstanţelor mecanice ale lumii va face posibilă, în principiu, calcularea completă a comportării viitoare. Această idee, care a fost cel mai clar formulată de către Laplace, arată că la începutul secolului al XIX-lea tipul de legi ale naturii formulate matematic, creat de Newton, determinase, în mare măsură, gîndirea naturalist-ştiinţifică.

Pentru secolul al XIX-lea, mecanica era pur şi simplu echivalentă cu ştiinţa exactă a naturii. Sarcinile şi domeniul ei de aplicaţie păreau a fi nelimitate. Boltzman însuşi împărtăşea încă credinţa că un proces fizic va putea fi înţeles numai atunci cînd el va putea fi explicat mecanic.

Prima breşă în această lume imaginară a fost făcută de teoria fenomenelor electromagnetice a lui Maxwell. Această teorie a oferit o reprezentare matematică a proceselor fără a se reduce la mecanică. Era natural ca după aceasta să izbucnească o polemică ascuţită în jurul întrebării dacă teoria maxwelliană poate fi înţeleasă fără ajutorul mecanicii. Mulţi au încercat să interpreteze mecanic teoria lui Maxwell prin acceptarea unei substanţe ipotetice, eterul. La o criză propriu-zisă a dus această luptă prin descoperirea aşa-numitei teorii „speciale" a relativităţii, în 1905, de către Einstein. Prin aceasta s-a decis că teoria maxwelliană, din cauza ipotezelor conţinute implicit asupra spaţiului şi timpului, nu se putea reduce la procese mecanice ce se supun legilor newtoniene. Părea astfel inevitabilă concluzia : sau mecanica newtoniană va trebui să fie falsă, sau teoria maxwelliană.

În vremea care a urmat, unii cercetători ai naturii şi unii filozofi au apărat cu îndîrjire încă cîteva decenii punctul de vedere al mecanicii newtoniene sub forma modelelor eterului: în cele din urmă, disputa, ca şi alte dispute conceptual filozofice, a intrat în arena politică. Cei mai mulţi fizicieni însă au recunoscut pe baza rezultatelor experimentale valabilitatea teoriei relativităţii şi a teoriei maxwelliene ; mecanica newtoniană juca numai rolul unei bune aproximaţii a mecanicii relativiste, corectă pentru acele procese care se desfăşoară cu viteze mici în raport cu viteza luminii. În realitate, mecanica relativistă cade peste mecanica newtoniană în cazul-limită al vitezelor mici.

Dar chiar şi supoziţia că teoria newtoniană ar fi în sens strict „falsă" i-a făcut pe cîţiva cercetători ai naturii să preia în noua fizică, inconştient, o ipoteză fundamentală a secolului al XIX-lea. Deşi tocmai în acea vreme teoria cuantică, care se iniţiase, ameninţa de departe

coeziunea internă a fizicii clasice, totuşi reformularea teoriei cîmpului, în special în teoria generală a relativităţii, a avut ca efect faptul că mulţi fizicieni vedeau ca sarcină a viitoarei fizici descrierea tuturor fenomenelor lumii cu ajutorul unui sistem conceptual unitar. Ei au încercat să interpreteze matematic înseşi caracteristicile atomiste ale naturii ca singularităţi ale soluţiilor ecuaţiilor cîmpului, iar mecanica ondulatorie de Broglie-Schrödinger părea să corespundă la început acestei imagini ideale a unei fizici generale a cîmpului. Conceptele de bază ale teoriei relativiste a cîmpului erau mai abstracte decît acele ale mecanicii newtoniene şi mai greu de realizat intuitiv, ele corespundeau totuşi în general necesităţii noastre de a descrie fenomenele lumii în mod obiectiv şi cauzal, fiind, de aceea, acceptate ca universale.

2. Teoria cuantică a distrus şi această iluzie. În ea aparatul matematic formal nu mai poate reprezenta nemijlocit un proces obiectiv în spaţiu şi timp. Ceea ce constatăm noi matematic este numai într-o mică măsură un „fapt obiectiv", în cea mai mare parte el reprezintă o perspectivă asupra posibilităţilor. Enunţul de genul „Aici se află un atom de hidrogen în starea de bază" nu mai conţine o afirmaţie precisă asupra orbitei electronilor, ci conţine afirmaţia : „Dacă se observă orbita electronilor cu un instrument corespunzător, atunci electronul va fi întîlnit în locul x cu o probabilitate determinată $w(x)$". Conceptele clasice pot fi aplicate cu sens numai dacă de la început se ia în considerare faptul că prin relaţiile de nedeterminare se pun graniţe de netrecut aplicării lor.

Situaţia astfel creată în mecanica cuantică se deosebeşte în două privinţe în mod foarte caracteristic de situaţia din teoria relativităţii. În primul rînd, prin imposibilitatea de a obiectiva simplu starea de lucruri expusă matematic

şi, ceea ce se află cu aceasta într-un raport nemijlocit, de a interpreta intuitiv fenomenele cuantice. În al doilea rînd, şi această deosebire este poate şi mai importantă, prin necesitatea care decurge de aici de a folosi mai departe conceptele fizicii clasice. Noi putem şi trebuie să folosim pentru descrierea atomului concepte cum ar fi : orbita electronului, densitatea undelor de materie într-un punct spaţial determinat, căldura de disociere, culoarea etc., concepte care, în măsura în care aparţin fizicii clasice, trebuie să descrie fenomene obiective în spaţiu şi timp. Cu ajutorul lor noi descriem rezultatul unei observaţii. Conceptele diferite se află adesea unele faţă de altele într-un raport „complementar", noi însă nu putem să le substituim prin alte concepte intuitive, a căror folosire nu ar fi limitată de relaţiile de nedeterminare sau de complementaritate.

Din aceasta decurge faptul că noi nu mai spunem : „Mecanica newtoniană este falsă şi ea trebuie să fie înlocuită prin mecanica cuantică, corectă". Mai degrabă avem nevoie de următoarea formulare : „Mecanica clasică este o teorie ştiinţifică închisă în sine. Ea este o descriere strict «corectă» a naturii pretutindeni unde conceptele ei pot fi aplicate". Noi atribuim încă astfel şi astăzi mecanicii newtoniene un conţinut de adevăr, chiar o validitate strictă şi generală, numai că indicăm prin adaosul „acolo unde conceptele ei pot fi aplicate" faptul că vom considera domeniul de aplicabilitate al teoriei newtoniene ca fiind limitat. Conceptul de „teorie ştiinţifică închisă" provine, în această formă, pentru prima oară din mecanica cuantică. Noi cunoaştem în fizica contemporană, în esenţă, patru mari discipline pe care le-am putea considera în acest sens ca teorii închise : pe lîngă mecanica newtoniană, teoria maxwelliană cu teoria specială a relativităţii, apoi termodinamica şi mecanica statistică şi, în fine, mecanica cuantică (nerelativistă) cu fizica

atomică şi chimia. Trebuie în continuare să se discute mai precis ce trăsături posedă o „teorie închisă" şi care ar putea fi conţinutul de adevăr al unei asemenea teorii.

3. Primul criteriu al unei „teorii închise" este noncontradicţia ei internă. Trebuie să fie posibil ca noţiunile care izvorăsc mai întîi din experienţă să fie astfel precizate prin definiţii şi axiome, să fie astfel fixate în relaţiile lor încît să li se poată pune în corespondenţă simboluri matematice între care se naşte un sistem necontradictoriu de ecuaţii. Cel mai renumit exemplu pentru această axiomatizare a conceptelor îl oferă primul capitol din *Principia* lui Newton. Mulţimea fenomenelor posibile în domeniul corespunzător de experienţă al naturii se reflectă în mulţimea de soluţii posibile a acelui sistem de ecuaţii.

În acelaşi timp, teoria trebuie să „reprezinte" într-o anumită modalitate experienţele ; adică conceptele teoriei trebuie, după cum s-a spus deja, să fie ancorate nemijlocit în experienţă, ele trebuie să „semnifice" ceva în lumea fenomenelor. Problematica acestei exigenţe nu este poate pînă acum suficient analizată. Atîta vreme cît conceptele izvorăsc nemijlocit din experienţă, cum sînt, de exemplu, acele ale vieţii cotidiene, ele rămîn puternic legate de fenomene şi se modifică odată cu acestea ; ele se conformează într-o anumită măsură naturii. Cînd se axiomatizează o teorie, conceptele acesteia devin inflexibile şi se rup de experienţă. Deşi sistemele de concepte precizate axiomatic corespund încă foarte bine unui domeniu de experienţe lărgit, totuşi noi nu mai putem să ştim *a priori* dintr-un concept fixat prin definiţii şi relaţii cît de mult se va reuşi să se circumscrie natura cu ajutorul lui. De aceea, axiomatizarea conceptelor le limitează în mod decisiv domeniul de aplicabilitate.

Graniţele acestui domeniu, evident, nu pot fi ştiute cu precizie. Numai experienţa care ne

arată că anumite grupuri noi de fenomene nu mai pot fi ordonate cu ajutorul vechilor concepte ne indică faptul că în acest loc am atins aceste limite. Pentru mecanica newtoniană, de exemplu, primele indicii ale prezenței unei limitări ar putea fi văzute deja în opera lui Faraday, care a intuit că noțiunea de „cîmp de forță" este mai potrivită fenomenelor electromagnetice decît conceptele mecanice. Însă la limitele mecanicii newtoniene s-a ajuns efectiv numai odată cu descoperirea teoriei speciale a relativității, deci aproape cu un secol mai tîrziu.

Chiar dacă limitele „teoriei închise" sînt depășite, dacă se constituie un nou sistem conceptual corespunzător unui nou domeniu al experienței, totuși sistemul de concepte al teoriei închise formează o parte indispensabilă a limbajului în care vorbim despre natură. Teoria închisă aparține presupozițiilor cercetării ulterioare ; noi putem exprima rezultatul unui experiment numai prin conceptele unei teorii închise anterioare. S-a încercat de aceea uneori să se considere conceptele unei teorii închise mai vechi ca făcînd parte dintre presupozițiile *a priori* ale științelor exacte și să li se atribuie într-un grad și mai mare un caracter absolut. Prin aceasta se descrie, desigur, corect un aspect al raporturilor. Aici va trebui totuși să se admită cel puțin o deosebire de grad. Asemenea forme fundamentale ale capacității de reprezentare sau gîndire cum ar fi spațiul, timpul sau legea cauzalității, care sînt exersate și aplicate de secole, trebuie să aibă valabilitate *a priori* într-un grad mai înalt decît formele de gîndire relativ complicate ale teoriilor închise ale ultimelor secole. Dacă se consideră formele *a priori* ale intuiției „scheme înnăscute", așa cum a încercat biologul Loretz, atunci este clar că noțiunile unei teorii închise stabilite în ultimele secole nu (sau încă nu) ar mai putea fi *a priori*.

Ce este, în cele din urmă, conținutul de adevăr al unei teorii închise ? Am putea rezuma cele spuse pînă acum în următoarele propoziții:

a) Teoria închisă este valabilă pentru toate timpurile ; în acele domenii în care experiența va putea fi descrisă cu noțiunile acestei teorii, fie chiar și în cel mai îndepărtat viitor, legile acestei teorii se vor dovedi mereu corecte.

b) Teoria închisă nu cuprinde nici o afirmație complet sigură asupra lumii experiențelor. Măsura în care se pot capta fenomenele cu ajutorul conceptelor ei rămîne într-un sens strict incertă și reprezintă pur și simplu o chestiune de succes.

c) În ciuda acestei incertitudini, teoria închisă rămîne o parte a limbajului nostru științific și constituie, de aceea, o parte componentă integrantă a oricărei înțelegeri de către noi a lumii.

Să ne întoarcem după aceste discuții încă o dată la procesele istorice care au generat întreaga fizică modernă prin modificarea imaginii realității la sfîrșitul evului mediu. Această evoluție ne apare ca o consecință a structurilor intelectuale, a „teoriilor închise", care se formează din formulări individuale de probleme asupra experienței ca dintr-un germene de cristal și care în final, atunci cînd întregul cristal a apărut, se separă din nou de experiență ca o construcție pur ideală ; el va ilumina însă pentru noi lumea întotdeauna. În această măsură, istoria evoluției fizicii apare, în ciuda tuturor diferențelor, asemănătoare cu istoria altor domenii ale activității spirituale, cum ar fi istoria artei ; căci și în alte domenii nu este vorba în cele din urmă despre alt obiectiv decît de a ilumina prin structuri intelectuale lumea, fie ea lumea noastră internă.

DISCURS LA A 100-A ANIVERSARE A GIMNAZIULUI MAX DIN MÜNCHEN

13.7.1949 *

Doamnelor şi domnilor !

Sărbătoarea de azi are loc cu prilejul existenţei de 100 de ani a unei şcoli. Un întreg secol de muncă şi grijă din partea unor oameni harnici s-a scurs în această şcoală. Mulţi şi-au petrecut ca profesori întreaga viaţă activă în slujba Gimnaziului Max ; alţii, cum a fost cazul meu, au întîlnit aici ca elevi pentru întîia oară lumea intelectuală şi au învăţat cu interes sau uneori fără prea mare interes, totuşi adesea cu sîrguinţă şi osteneală lucrurile pe care o generaţie le-a transmis alteia într-un gimnaziu umanist. Astfel, sîntem înclinaţi să analizăm în această zi dacă toată această muncă şi îngrijire, efortul profesorilor şi al elevilor au fost într-adevăr cu folos. Evident, aceasta este acum o falsă întrebare, întrucît munca, efortul şi grija sînt în mod fundamental întotdeauna folositoare ; dar s-a vorbit adesea dacă nu cumva noi înclinăm prea mult spre un gimnaziu în care se predă o cunoaştere prea teoretică şi străină de viaţă şi dacă în epoca noastră, determinată de ştiinţă şi tehnică, o formaţie mai practică nu ar fi susceptibilă de a ne pregăti pentru viaţă într-un mod mai adecvat. Prin aceasta se ridică problema, adesea formulată, cu privire la relaţia

* Apărut iniţial în *Das Naturbild der heutigen Physik*, Rowohlts deutsche Enzyklopädie, Band 8, Hamburg, 1955, p. 36—46.

dintre cultura umanistă și științele actuale ale naturii. Nu pot însă să tratez această problemă în fața dumneavoastră în mod temeinic ; eu nu sînt pedagog și nu am meditat prea mult asupra unor asemenea probleme. Dar aș putea încerca să-mi reamintesc propria mea experiență ; căci eu însumi am intrat în școală în acest gimnaziu, iar apoi mi-am dedicat cea mai mare parte a muncii mele științelor naturii ; și o aniversare a 100 de ani este și o sărbătoare a amintirilor acelora care au învățat împreună aici.

Care sînt temeiurile pe care se sprijină adepții gîndirii umaniste, care insistă mereu în favoarea preocupării pentru limbile clasice și pentru istoria antică ? Mai întîi se indică, pe bună dreptate, faptul că întreaga noastră viață culturală, acțiunea, gîndirea și simțirea noastră se înrădăcinează în substanța spirituală a Occidentului, așadar, în acel spirit care a luat naștere în antichitate, care a generat, la început, arta greacă, poezia greacă și filozofia greacă, care a cunoscut apoi, în creștinism, odată cu nașterea bisericii, marea sa evoluție și care în cele din urmă, la sfîrșitul evului mediu, a conceput lumea — într-o grandioasă sinteză a credinței creștine cu libertatea de gîndire antică — ca o lume divină și a transformat-o în întregime prin expedițiile de descoperire, prin științele naturii și tehnică. Ca urmare, atunci cînd vom merge în profunzimea lucrurilor, sistematic, istoric sau filozofic, în oricare domeniu al vieții moderne ne vom întîlni mereu cu acele structuri spirituale care au luat naștere în antichitate și în creștinism. De aceea se poate spune în favoarea gimnaziului umanist că este bine să se cunoască aceste structuri, chiar dacă în multe privințe pentru viața practică această cunoaștere nu pare indispensabilă.

Partizanii culturii umaniste afirmă, în al doilea rînd, că întreaga forță a culturii noastre occidentale a izvorît și s-a alimentat continuu din legătura directă dintre maniera în care se pun

în principiu problemele și acțiunea practică. În ceea ce privește acțiunea practică, și alte popoare ori civilizații aveau tot atîta experiență ca și grecii. Ceea ce a deosebit însă din primul moment gîndirea greacă de gîndirea altor popoare a fost capacitatea de a ridica o problemă formulată la nivelul principiului și, ca urmare, de a ajunge la puncte de vedere susceptibile de a ordona varietatea pestriță a experienței pentru a o face accesibilă gîndirii umane. Această sinteză dintre punerea problemelor pe baza principiilor și acțiunea practică a distins Grecia antică de toate celelalte țări. Această unitate a mai reprezentat încă o dată pivotul istoriei noastre, în momentul de relansare a Occidentului în epoca Renașterii, și, după cum știți, ea a generat științele moderne ale naturii și tehnica. Dacă cercetăm filozofia greacă, vom întîlni la tot pasul această atitudine, punerea problemelor la nivelul principiilor. Cel care studiază gîndirea grecilor are astfel prilejul de a exersa instrumentul intelectual cel mai puternic care a stat la temelia gîndirii occidentale. În această măsură s-ar putea spune, de aceea, că și în învățămîntul umanist se învață un lucru extrem de folositor.

În fine, în al treilea rînd, se spune pe drept că frecventarea anticilor ne furnizează o scară de valori în care valorile spirituale primează asupra celor materiale. Căci tocmai la greci este nemijlocit evidentă supremația spiritului în toate vestigiile pe care ni le-a lăsat cultura lor. Desigur, tocmai acesta este un punct la care oamenii de azi ar putea obiecta ; timpul nostru ne arată că forța materială, materiile prime și industria sînt determinante, că forța materială este mai puternică decît cea spirituală. Nu ar corespunde deloc timpului nostru tentativa de a le inocula copiilor supraestimarea valorilor spirituale. Aceasta îmi amintește însă de o discuție pe care am purtat-o în urmă cu aproximativ 30 de ani într-una din sălile acestei clădiri

Münchenul era pe atunci teatrul luptelor revoluționare, centrul orașului era încă ocupat de comuniști, iar eu am fost afectat împreună cu alți colegi de vîrsta mea — aveam pe atunci 17 ani — personalului auxiliar al unui grup militar care-și avea cartierul în seminarul preoțesc din fața universității. Cauza acestei discuții nu-mi mai este perfect clară. Fără îndoială, aceste săptămîni de joacă de-a soldații ne sustrăgeau în mod plăcut de la studiile noastre din cadrul Gimnaziului Maximilian. Pe Ludwigstrasse se trăgeau uneori focuri de armă, deși nu prea violent. În fiecare zi, la amiază, ne duceam să ne luăm rațiile de alimente de la bucătăria de campanie din curtea universității. Așa s-a întîmplat că într-o zi am avut cu un student în teologie o convorbire a cărei temă era faptul dacă această luptă pentru München avea vreun sens oarecare. Unul dintre noi, cei tineri, a afirmat cu energie că nu se poate decide nici o problemă de putere cu mijloace spirituale, prin discursuri și proclamații ; adevărata decizie între noi și ceilalți se poate realiza numai prin forță. Atunci seminaristul a replicat că însăși problema cine deosebește pe „noi" de „ceilalți" duce evident la o soluție pur spirituală și că probabil s-ar cîștiga deja foarte mult dacă o asemenea hotărîre ar fi luată într-un mod mai rațional decît se întîmplă de obicei. N-am mai putut obiecta nimic. Odată ce săgeata a părăsit coarda arcului, ea își urmează direcția și numai o forță și mai puternică ar putea-o devia : direcția ei inițială este însă determinată numai de acela care ochește astfel încît fără o ființă dotată cu rațiune și capabilă să ochească ea n-ar putea să zboare absolut deloc. De aceea nu este poate prea rău ca tineretul să fie învățat să respecte valorile spirituale.

M-am îndepărtat însă prea mult de tema mea și va trebui să mă întorc la acel loc în care în cadrul Gimnaziului Max m-a întîmpinat pentru

prima dată în mod real știința naturii ; căci eu doresc să vorbesc despre relația științelor naturii cu educația umanistă. Cei mai mulți dintre tinerii de vîrstă școlară fac primii pași în domeniul tehnicii și apoi în acela al științelor naturii jucîndu-se cu aparate simple. Exemplul colegilor, anumite cadouri de Crăciun și, bineînțeles, lecțiile școlare suscită dorința de a pune în funcțiune mașinile și apoi, acasă, de a le construi. Acest lucru l-am făcut și eu cu mult zel în primii cinci ani de școală. Dar toate acestea nu ar fi rămas decît un joc și nu m-ar fi îndemnat să mă îndrept spre adevărata știință a naturii dacă nu s-ar fi produs un alt eveniment. În școală învățam pe atunci principiile elementare ale geometriei. Aceasta mi s-a părut la început o materie foarte aridă ; triunghiurile și dreptunghiurile stîrnesc fantezia mai puțin decît florile sau poemele. Însă dintr-o dată, din cuvintele excelentului nostru profesor de matematică, d-l Wolff, mi-a venit ideea că asupra acestor forme se pot formula propoziții general-valabile, că în figurile geometrice am putea nu numai să citim și să recunoaștem anumite rezultate, ci să le și demonstrăm matematic. Ideea că matematica corespunde într-o oarecare modalitate structurilor experienței noastre am perceput-o ca extraordinar de ciudată și tulburătoare, și cu aceasta mi s-a întîmplat ceea ce se petrece în puține cazuri cu bagajul de idei pe care ni-l ofereau lecțiile : de obicei la lecțiile din școală ne trec prin fața ochilor diferite imagini ale lumii spirituale fără ca acestea să ne devină cu adevărat familiare. Acestea sînt impregnate cu o lumină mai puternică sau mai slabă, după capacitățile profesorului, astfel că memoria le reține cîteodată un anumit interval de timp. În unele cazuri rare, un obiect care a intrat în cîmpul percepției poate chiar luci în propria lui lumină. La început numai neclar, în inconștient, apoi din ce în ce mai puternic, apărînd la nivelul conștiinței, înainte

de a invada progresiv gîndirea și de a se comunica și altor obiecte, pentru a ajunge să ocupe, în sfîrșit, un loc important în viața subiectului gînditor.

Așa mi s-a întîmplat mie atunci cu cunoștința că matematica corespunde lucrurilor experienței noastre, o cunoștință care, așa cum am aflat la școală, a fost obținută deja de greci, de Pitagora și Euclid. Am încercat eu însumi, la început provocat de orele domnului Wolff, aplicarea matematicii și am trăit sentimentul că acest joc între matematică și intuiția nemijlocită este cel puțin la fel de amuzant ca majoritatea celorlalte jocuri. Mai tîrziu nu mi-a mai fost suficient cîmpul geometriei pentru jocul matematic, care-mi producea atîta bucurie. Am aflat dintr-o carte că în fizică s-ar putea urmări comportarea aparatelor mele meșterite cu ajutorul matematicii și am început atunci, cu volumele din colecția „Göschen" și cu alte manuale întrucîtva primitive, să învăț matematica necesară pentru descrierea legilor fizice, înainte de toate calculul diferențial și integral. Cuceririle epocii moderne, ale lui Newton și ale urmașilor săi, mi-au apărut ca o continuare imediată a ceea ce matematicienii și filozofii greci încercaseră să realizeze de fapt ca unul și același lucru, și nu mi-ar fi trecut prin minte că științele naturii și tehnica zilelor noastre ar fi o lume fundamental diferită de aceea care apărea filozofiei lui Pitagora sau Euclid. De fapt, bucuria mea produsă de descrierea matematică a naturii m-a condus fără să-mi dau seama, în toată neștiința mea școlărească, la una dintre trăsăturile de bază ale gîndirii occidentale în general, și anume la legătura sus-amintită a formulării în principiu a problemelor cu acțiunea practică. Matematica reprezintă, pentru a spune astfel, limba în care se pune și se pot rezolva principial întrebările, dar întrebarea însăși se referă la un proces din lumea materială practică ; geometria, de exemplu, a servit măsurării

pămîntului. După acest eveniment, interesul meu a rămas mai mulți ani de școală captat mai mult de matematică decît de științele naturii sau de aparatele mele, și numai în cele două clase superioare raportul s-a modificat din nou în favoarea fizicii, în mod ciudat, printr-o întîlnire oarecum întîmplătoare cu un aspect al fizicii moderne.

Foloseam pe atunci un manual de fizică, foarte bun în anumite privințe, dar în care — se înțelege — conceptele celei mai noi fizici erau expuse încă cu o anumită sărăcie. Totuși se găseau în ultimele pagini și cîteva lucruri despre atomi ; am păstrat amintirea foarte vie a unei ilustrații în care se vedeau un număr foarte mare de atomi ; aceasta trebuia probabil să arate starea unui gaz la scara constituției lui corpusculare. Unii atomi erau strînși împreună în grupuri, fixați prin copci și capse care, probabil, trebuiau să reprezinte legăturile chimice. În afară de aceasta, în texte se spunea că atomii reprezentau, după părerea gînditorilor greci, cele mai mici particule, indivizibile, ale materiei. Această imagine mi-a provocat o reacție violentă ; eram indignat văzînd etalate într-un manual de fizică asemenea prostii. Căci, îmi spuneam, dacă atomii ar fi corpuri accesibile unei percepții atît de grosolane, cum voia să ne facă să credem cartea, dacă ei ar avea o formă atît de complicată încît ar poseda chiar copci și capse, atunci ar fi imposibil ca ei să reprezinte cele mai mici elemente componente ale materiei. În această atitudine am fost susținut de un tînăr în compania căruia, în cadrul unei mișcări de tineret, făcusem numeroase drumeții și care se interesa de filozofie într-un grad mult mai mare decît mine. Acest coleg, care citise mai multe studii asupra atomismului filozofilor antici, s-a întîlnit, de asemenea, cu un manual de fizică atomică modernă (cred că era cartea lui Sommerfeld despre *Structura atomului și liniile spectrale)* și văzuse acolo atomi foarte in-

tuitiv reproduși. De aici ajunsese la convingerea fermă că întreaga fizică atomică modernă trebuie să fie falsă și încerca să mă convingă de aceasta. Judecățile noastre erau pe atunci mult mai rapide și mai categorice decît astăzi ! I-am dat dreptate prietenului meu că imaginile intuitive ale atomilor trebuiau să fie în mod necesar false, dar în ceea ce mă privește m-am reținut la a căuta greșeala doar în eroarea desenatorului. Mi-a rămas însă dorința să cunosc mai îndeaproape fundamentele veritabile ale fizicii atomice, și pentru aceasta mi-a venit în ajutor un alt eveniment întîmplător. În această perioadă începusem lectura unui dialog platonic. Dar lecțiile se țineau neregulat. V-am spus deja că am servit, în timpul luptelor revoluționare, unei trupe care staționa vizavi de universitate, în seminarul preoțesc. Acolo nu aveam o muncă prea intensivă ; era mult mai mare pericolul unei vagabondări decît acela al surmenării din pricina efortului. Între altele, și noaptea trebuia să stăm la dispoziție, astfel încît zilele se scurgeau destul de agreabil, fiind liberi de orice control din partea părinților sau a profesorilor. Vara lui 1919 a fost foarte caldă. În primele ore ale dimineții îndeosebi nu eram obligați practic să facem nici un fel de serviciu. Mi se întîmpla atunci să mă refugiez adesea, încă de la răsăritul soarelui, pe acoperișul seminarului, să mă lungesc în tovărășia unei cărți și să mă încălzesc la soare sau să mă așez pe marginea acoperișului să privesc cum se trezește viața pe Ludwigstrasse. O dată mi-a venit ideea să iau cu mine pe acoperiș o carte de Platon, poate cu gîndul la reluarea muncii în strada Morawitzky, care ne amenința mai tîrziu, iar dorința de a citi și altceva decît ceea ce ni se impunea în colegiu m-a făcut să dau — cu cunoștințele mele de greacă relativ modeste — peste dialogul *Timaios ;* pentru prima oară am ajuns prin acesta la sursele veritabile ale filozofiei atomiste grecești. Această lectură mi-a iluminat în mod

considerabil ideile fundamentale ale teoriei atomiste. Credeam că am înțeles, cel puțin parțial, cauzele care i-au incitat pe gînditorii greci să se gîndească la cele mai mici elemente indivizibile ale materiei. Teza pe care o apără Platon în *Timaios*, că atomii ar fi corpuri regulate, nu-mi părea de o claritate deosebită, dar eram cel puțin mulțumit să constat că aceste corpuri nu mai posedau copci și capse. De atunci s-a născut convingerea mea că e imposibil să te ocupi de fizica atomică fără să cunoști filozofia greacă a naturii. Socoteam că desenatorul acelei imagini a atomului ar fi fost bine inspirat dacă l-ar fi citit mai înainte pe Platon. El ar fi trebuit să meargă la școală la Max-Gymnasium !

Astfel m-am familiarizat din nou, fără a ști exact cum, cu una dintre marile idei ale filozofiei grecești a naturii, care aruncă o punte între antichitate și epoca modernă și care și-a manifestat marea ei forță numai după Renaștere. Această direcție a filozofiei grecești, teoria atomistă a lui Leucip și Democrit, se numește adesea materialism. Aceasta este o denumire istoric corectă, dar ea poate produce astăzi confuzii, deoarece cuvîntul „materialism" a căpătat în secolul al XIX-lea o semnificație unilaterală, care nu mai corespundea deloc evoluției filozofiei naturii a grecilor antici. Putem evita această falsă interpretare a vechii teorii atomiste dacă ne amintim că primul cercetător al epocii moderne care a reluat teoria atomistă în secolul al XVII-lea a fost teologul și filozoful Gassendi, care nu voia, desigur, să combată prin această idee doctrina bisericii. Să ne amintim, de asemenea, că pentru Democrit atomii erau literele cu care sînt schițate evenimentele naturii, nu însă conținutul lor. Din contra, materialismul secolului al XIX-lea s-a dezvoltat din idei de un alt gen, caracteristice pentru epoca modernă și care își află rădăcinile în scindarea lumii, produsă după Cartesius, într-o realitate materială și una spirituală.

Marele curent al științelor naturii și al tehnicii, care traversează timpul nostru, izvorăște astfel din două surse, care aparțin domeniului filozofiei antice. Chiar dacă de atunci el a primit numeroși alți afluenți care l-au transformat într-o masă de apă fertilă, totuși originea primară se poate depista mereu suficient de clar. În acest sens, cercetătorul atomist își poate afla o sursă utilă de inspirație în educația umanistă. Este adevărat că cei care sînt în favoarea unei educații mult mai practice a tineretului, care să-l pregătească pentru lupta vieții, ar putea mereu să obiecteze că totuși cunoașterea acelor fundamente spirituale nu ar avea o prea mare însemnătate pentru viața practică. Pentru ca aceștia să reușească în viață e necesar, spun ei, să-și însușească mai întîi îndemînările practice ale vieții moderne : limbile moderne, metodele tehnice, iscusința în acțiune și judecată. Cît privește cultura umanistă, aceasta ar reprezenta o podoabă, un lux, pe care numai puțini oameni și-l pot permite, aceia al căror destin le-a ușurat mult mai mult decît altora lupta pentru existență.

Aceasta ar putea fi adevărat pentru toți acei oameni care și-ar propune să-și consacre viața unei activități exclusiv practice și care nu ar dori să contribuie personal la configurația spirituală a epocii noastre. Cel care nu se va mulțumi însă cu aceasta și va dori să meargă la rădăcina lucrurilor în oricare domeniu de specialitate, fie el din tehnică, fie din medicină, acela va întîlni mai devreme sau mai tîrziu aceste surse antice și va putea fi mult avantajat în propria sa muncă dacă va fi învățat de la greci gîndirea principială, formularea principială a problemelor. Cred că se poate recunoaște clar, de exemplu, în opera lui Max Planck, care a fost și el elev al gimnaziului nostru, că gîndirea sa a fost influențată și fertilizată de școala umanistă. Aș putea relata aici o experiență proprie, care s-a produs la trei ani după terminarea

școlii. Pe atunci eram student la Göttingen și discutam cu un coleg asupra problemei intuitibilității atomului, care mă neliniștise încă în vremea școlii și care se profila ca o enigmă nerezolvată în spatele fenomenelor spectroscopice de atunci, încă neinterpretate. Acest prieten apăra imaginile intuitive și credea că va trebui construit cu ajutorul tehnicii moderne un microscop cu o capacitate de mărire foarte mare, de exemplu unul care să lucreze cu raze gama, în locul celor obișnuite, care lucrează cu lumina obișnuită. Un asemenea aparat — spunea el — ar permite, în cele din urmă, să se perceapă direct forma atomilor, iar prin aceasta reticențele mele cu privire la imaginile intuitive ar fi în mod decisiv distruse. Această obiecție m-a tulburat profund. Mă temeam că prin acest microscop imaginat s-ar putea zări din nou copcile și capsele din manualul meu de fizică ; aceasta m-a obligat să reflectez asupra contradicției aparente a acestui experiment ideal, luînd ca bază ideile fundamentale ale filozofiei grecești. În această situație, modul de gîndire principial pe care-l primisem din școală m-a ajutat extraordinar de mult, în orice caz m-a determinat să nu fiu de acord cu soluții aparente sau pe jumătate ; între altele, tocmai cunoașterea pe care o aveam despre filozofia naturii antice, pe care mi-o însușeam atunci, mi-a fost de un mare folos.

Atunci cînd se vorbește în zilele noastre despre valoarea culturii umaniste, nu se mai poate pretinde absolut deloc că relația fizicii atomice cu filozofia naturii ar fi un caz singular și că în științele naturii, tehnică sau medicină nu venim în contact cu asemenea probleme principiale. Aceasta ar fi fals deja pentru simplul motiv că multe discipline științifice sînt astăzi strîns legate în fundamentele lor cu fizica atomică, astfel încît, ca și aceasta, ele conduc la probleme principiale de același gen. Edificiul chimiei are ca fundament fizica atomică ; astro-

nomia modernă este și ea strîns legată de aceasta, fără fizica atomică ea nefiind susceptibilă de a progresa ; și chiar de la biologie s-au aruncat punți spre fizica atomică. În cursul ultimelor decenii, corelațiile dintre diferitele științe au devenit mult mai evidente decît înainte. În multe locuri se recunosc semnele originii comune, iar originea comună se află, în cele din urmă, în gîndirea antică.

Cu această constatare m-am întors aproape din nou la punctul de plecare al conferinței mele. La originea culturii occidentale se află această strînsă legătură instituită de greci între punerea principială a problemelor și acțiunea practică. Tocmai pe această relație se întemeiază și astăzi întreaga forță a civilizației noastre. Aproape toate progresele duc și astăzi aici, și în acest sens o încredere în cultura umanistă reprezintă o încredere în Occident și în puterea sa de creație culturală.

Dar poate oare o școală cum este gimnaziul umanist să răspundă la sarcina pe care o punem noi astăzi, și anume aceea ca prin studiul limbilor clasice și istoriei vechi să se trezească simțul pentru această legătură infinit de grea a formulării principiale a problemelor cu acțiunea practică energică ? Ne poate oare face ea vie această legătură ? Cît rămîne în general din ceea ce noi învățăm în școală ? Nu este oare acest rezultat disperant de puțin în raport cu munca și silința pe care le întrebuințăm, și nu ar fi oare de aceea preferabilă o educare mai rapidă a deprinderilor practice ? Să fim astfel cinstiți și să căutăm ce imagini ne rămîn în amintire din vremea școlarității noastre. Poate cîteva descrieri de bătălii din *De Bello Gallico* de Cezar, care ne-au pus în mișcare fantezia, sau drumul obositor al lui Xenophon prin Asia Mică. Apoi cîteva imagini din istoria evului mediu ; unul dintre cei mai buni profesori, d-l Paur, a înțeles să umple cu viață anii încoronărilor, victoriilor și înfrîngerilor prin aceea că ne înfățișa o imagine a vieții

din aceste state în care se desfășurau evenimentele : cum trăiau și se îmbrăcau oamenii, ce mîncau, cum gîndeau. După aceea, cîteva pasaje din tragedia greacă, tragedie care, din păcate, este atît de greu de tradus, și, natural, povestirile despre Ulysse și despre eroii greci. Și primele demonstrații geometrice mi-au lăsat o mare impresie. Dar cîteva cunoștințe reale ne-au rămas numai din acele domenii în care profesiunea noastră ulterioară ne-a obligat să învățăm mai departe. Un profit modest, s-ar putea crede. Dar ce este cultura umanistă, ce este cultura în general ? Se știe : cultura este ceea ce rămîne cînd am uitat tot ceea ce am învățat. Ea este, dacă doriți, strălucirea care ne rămîne în amintire din acei ani de școală și care acționează mai departe în viața noastră. Nu numai strălucirea tinereții, care aparține, natural, acestui timp, ci strălucirea care provine din contactul cu lucrurile esențiale ; atmosfera pe care o întîlnim în relatările despre poeții greci sau împărații romani, statuile lui Fidias din cartea de istorie, muzica din orchestra școlii, care ne-a făcut să-l trăim pe Haydn și Mozart, poezia lui Schiller, pe care cel mai silitor elev din clasă avea dreptul s-o spună de la catedră. Natural, învățămîntul este adesea, și aceasta trebuie s-o acceptăm cu toții, sec și plictisitor ; profesorii nu sînt ființe ideale, iar elevii, departe de a fi îngeri. Dar timpul școlii este un întreg, și tot ceea ce facem atunci este oarecum determinat de lumea spirituală a învățămîntului. Nu trebuie să ne gîndim numai la orele de studiu, la profesorul nostru și la clădirea monumentală din Schwabing atunci cînd vorbim despre influența gimnaziului umanist. Această influență este mult mai largă. Cînd ieșeam, în vremea mișcării tineretului, cu prietenii la Ostersee și citeam în cort *Hyperion*-ul lui Hölderlin, cînd jucam *Hermannschlacht* de von Kleist pe un vîrf din Fichtelgebirge, cînd la un foc de tabără noaptea cîntam *Chaconna* lui Bach sau un menuet de Mozart, întotdeauna

eram foarte aproape de acel aer spiritual al Occidentului, în care ne-au introdus anii de şcoală şi care ne-a devenit un element vital.

O încredere în gimnaziul umanist este, aşadar, o încredere în Occident, în gîndirea sa, în credinţa sa şi în istoria sa. Dar mai putem avea oare vreun drept să afirmăm aceasta după atît de îngrozitoarele pierderi de putere şi prestigiu suferite de lumea occidentală în ultimele decenii ? La această întrebare trebuie să se spună că nu este vorba despre ce avem noi dreptul sau aşa ceva, ci despre ce anume *voim*. Întreaga activitate a Occidentului nu se trage numai dintr-o singură perspectivă teoretică, pe baza căreia strămoşii se considerau îndreptăţiţi suficient să acţioneze ; lucrurile au fost cu totul altfel : la început a stat şi stă în asemenea cazuri întotdeauna credinţa. Nu vorbesc de credinţa creştină într-o ordine inteligibilă a lumii dată de dumnezeu, ci, mai simplu, de credinţa pe care trebuie s-o avem în sarcina noastră pe această lume. Bineînţeles, a crede nu înseamnă aici a considera ceva anumit ca adevărat, a crede înseamnă întotdeauna : mă hotărăsc pentru aceasta, îmi întemeiez existenţa pe aceasta. Atunci cînd Columb a întreprins prima sa călătorie în Vest, el credea că Pămîntul este rotund şi suficient de mic pentru a fi înconjurat. Acestea le considera el nu numai teoretic ca adevărate, ci pe ele şi-a întemeiat existenţa sa. În *Istoria Europei*, după cum a expus-o de curînd Freyer şi în care el vorbeşte despre aceste lucruri, este aplicată, pe bună dreptate, vechea formulă : „credo ut intellegam" — „cred pentru a înţelege" ; Freyer, extinzînd-o la marile expediţii de descoperiri, a întregit-o cu un element intermediar : „credo ut agam, ago ut intellegam" — „cred pentru a acţiona, acţionez pentru a înţelege". Această formulă se potriveşte nu numai acestor prime navigaţii în jurul Pămîntului, ci şi întregii ştiinţe a Occidentului, întregii misiuni a Occidentului. Ea cuprinde simultan cultura

umanistă și științele naturii ; iar în acest punct nu vrem să fim prea modești : o jumătate a lumii de azi, Vestul, a cucerit o putere incomparabilă, transpunînd în viață, într-un mod necunoscut pînă acum, o idee a gîndirii apusene, stăpînirea și folosirea forțelor naturii prin știință ; cealaltă jumătate a lumii, Estul, își trage și ea coeziunea din încrederea în tezele științifice ale unui filozof și economist european. Nimeni nu știe ce ne va rezerva viitorul, ce puteri spirituale vor conduce lumea, dar va trebui să începem numai prin a crede în ceva și a voi ceva.

Noi voim ca aici să înflorească din nou viața spirituală, ca aici, în Europa, să se nască în continuare ideile care determină fața lumii. Ne întemeiem existența pe speranța că, într-o măsură egală cu aceea în care noi reflectăm asupra originilor noastre și găsim din nou drumul spre o conlucrare armonioasă a forțelor continentului nostru, și condițiile externe ale vieții europene vor fi mai fericite decît cele din ultimii 50 de ani. Vrem ca tineretul nostru, în ciuda întregului haos exterior, să se maturizeze în atmosfera spirituală a Occidentului, pentru a ajunge la izvoarele de forță din care continentul nostru a trăit vreme de peste două milenii. Cum se va petrece aceasta în particular ne preocupă numai în al doilea rînd. Dacă ne declarăm pentru un gimnaziu umanist sau pentru o altă formă de școală, aceasta nu are o importanță hotărîtoare.

IMAGINEA NATURII ÎN FIZICA CONTEMPORANĂ *

Problemele artei moderne, discutate cu atîta pasiune în timpul nostru, ne obligă la o regîndire a fundamentelor admise ca de la sine înţelese, care reprezintă presupoziţiile oricărei dezvoltări a artei. În această privinţă a fost formulată şi întrebarea dacă nu cumva atitudinea omului modern faţă de natură se deosebeşte atît de fundamental de vremurile anterioare încît prin aceasta s-ar crea un punct de plecare complet diferit pentru artă. Atitudinea omului faţă de natură nu-şi găseşte în timpul nostru expresia, ca în secolele trecute, într-o filozofie a naturii, ci ea este esenţial determinată de ştiinţele moderne ale naturii şi de tehnică. De aceea este evidentă necesitatea de a ne îndrepta atenţia asupra imaginii naturii din ştiinţa actuală, în special din fizica modernă. Desigur, chiar la început trebuie introdusă o rezervă : nu există nici un motiv pentru a crede că imaginea despre lume a ştiinţelor actuale ar fi influenţat sau ar putea influenţa nemijlocit evoluţia artei moderne ; s-ar putea însă admite că modificările din fundamentele ştiinţelor moderne ale naturii reprezintă un indiciu al modificărilor profunde în fundamentele existenţei noastre care vor in-

* Conferinţă ţinută în cadrul sesiunii Academiei bavareze de arte frumoase la 17.11.1953. Apărută iniţial în : Werner Heisenberg, *Das Naturbild der heutigen Physik,* Rowohlts deutsche Enzyklopädie, Band 8. Hamburg, 1955, p. 7—23.

fluența cu siguranță, la rîndul lor, toate celelalte domenii ale vieții. Din acest punct de vedere s-ar putea să fie important și pentru artist să se întrebe ce modificări s-au produs în ultimele decenii în imaginea despre natură a științelor naturii.

Să începem aruncînd o privire retrospectivă asupra rădăcinilor istorice ale științelor moderne ale naturii. Atunci cînd, în secolul al XVII-lea, această știință a fost întemeiată de Kepler, Galilei și Newton, mai persista încă acea imagine a naturii din evul mediu care vedea în natură, înainte de toate, creația lui Dumnezeu. Natura era considerată drept opera lui Dumnezeu ; oamenilor din acel timp li s-ar fi părut fără sens să se întrebe asupra unei lumi materiale independente de Dumnezeu. Ca un document al acelui timp aș dori să citez cuvintele cu care Kepler și-a încheiat ultimul volum al *Armoniei cosmice* : „Îți mulțumesc, Dumnezeule, creatorul nostru, că mi-ai îngăduit să văd frumusețea în opera creației tale și să mă bucur de lucrarea mîinilor tale. Iată, am încheiat opera către care m-am simțit chemat ; am pus în valoare talentul pe care tu mi l-ai dăruit ; am făcut cunoscută măreția operelor tale oamenilor care-i vor citi mărturiile așa cum spiritul meu mărginit a putut să le înțeleagă".

Dar deja în decursul cîtorva decenii atitudinea omului față de natură s-a modificat esențial. Pe măsură ce savantul pătrundea în amănuntele proceselor naturii, el înțelegea, așa cum începuse Galilei s-o facă, că fenomenele individuale ale naturii puteau într-adevăr să fie desprinse din ansamblu, descrise matematic și, prin aceasta, „explicate". În acest fel, el recunoștea în același timp și imensa sarcină care se punea științelor naturii aflate în procesul constituirii. Pentru Newton deja, lumea nu mai reprezenta opera lui Dumnezeu, care ar putea fi înțeleasă numai în totalitatea ei. Atitudinea lui față de natură este cel mai clar exprimată

prin celebrele sale cuvinte : „Aveam impresia că eram un copil care se juca pe malul mării și era fericit atunci cînd găsea o pietricică rotundă, mai netedă și mai lucioasă, o scoică mai frumoasă decît celelalte, în timp ce marele ocean al adevărului se întindea necercetat în fața lui". S-ar putea explica această modificare în atitudinea savantului față de natură prin aceea că în dezvoltarea gîndirii creștine din acea perioadă Dumnezeu părea aruncat în cer, atît de sus și atît de departe de Pămînt, încît considerarea Pămîntului independent de Dumnezeu căpăta și ea un sens. Astfel am putea cu drept să vorbim în ceea ce privește științele moderne ale naturii — așa cum spune Kamlah — de o formă specific creștină de impietate și prin aceasta să înțelegem de ce nici o evoluție asemănătoare nu s-a produs în alte culturi. Din această cauză poate nu este o întîmplare că tocmai în acea vreme natura devine obiect al reprezentării artistice, independent de temele religioase. A considera natura nu numai independentă de Dumnezeu, ci și independentă de oameni, aceasta corespunde tocmai tendinței științelor naturii, întrucît astfel se poate forma idealul unei descrieri sau explicații „obiective" a naturii. Trebuie subliniat totuși că și pentru Newton scoica avea importanță întrucît provenea din marele ocean al adevărului ; cercetarea scoicii nu este însă un scop în sine ; a te consacra studiului ei nu capătă sens decît prin coerența ansamblului.

În anii care au urmat, metoda mecanică a lui Newton s-a aplicat cu succes la domenii din ce în ce mai extinse ale naturii. S-a încercat, cu ajutorul experimentelor, să se izoleze anumite aspecte din procesele naturale, să se cerceteze obiectiv și să se înțeleagă legitatea lor ; s-a tins spre formularea matematică a corelațiilor, ceea ce a permis să se ajungă la „legi" cu valabilitate nelimitată pentru întregul cosmos ; în cele din urmă a devenit posibil să se folosească

forţele naturii în cadrul tehnicii zilelor noastre. Dezvoltarea grandioasă a mecanicii secolului al XVIII-lea, a opticii, a tehnicii şi teoriei calorice la începutul secolului al XIX-lea prezintă o mărturie a puterii acestui început.

În măsura în care acest tip de ştiinţă a naturii era încununat de succes, el se extindea dincolo de experienţa obişnuită, pînă la acele domenii depărtate ale naturii, devenite accesibile numai printr-o tehnică ce se dezvolta concomitent cu ştiinţele naturii. Newton făcuse pasul decisiv al cunoaşterii înţelegînd că legile mecanicii, care dominau căderea unei pietre, determinau şi mişcarea Lunii în jurul Pămîntului, că ele puteau fi aplicate astfel la dimensiuni cosmice. În epocile următoare ştiinţa şi-a început marşul triumfal pe un front larg în acele domenii depărtate ale naturii despre care putem obţine informaţii numai cu ajutorul tehnicii, adică al unor aparate mai mult sau mai puţin complicate. Telescoape perfecţionate permiteau astronomiei să pună stăpînire pe spaţii cosmice din ce în ce mai vaste ; chimia încerca, prin observarea comportării materiei în reacţiile chimice, să conchidă asupra fenomenelor ce se petreceau la nivelul atomilor ; experienţele cu bobina de inducţie şi cu pila lui Volta permiteau o primă privire asupra fenomenelor electrice, încă necunoscute în viaţa zilnică în acea vreme. Astfel s-a modificat treptat semnificaţia cuvîntului „natură", natura înţeleasă ca obiect de cercetare al ştiinţelor naturii ; el a devenit un nume comun pentru toate domeniile experienţei în care omul poate pătrunde cu mijloacele ştiinţelor naturii şi tehnicii, independent de faptul dacă acestea sînt date în experienţa nemijlocită ca „natură". Şi expresia „descriere a naturii" şi-a pierdut progresiv semnificaţia sa iniţială, ca reprezentare care trebuia să ne ofere o imagine cît mai mult cu putinţă vie şi frapantă a naturii ; ea a căpătat, într-o măsură din ce în ce mai mare, sensul de descriere ma-

tematică a naturii, adică o colecție de informații de o deosebită precizie și condensare, dar și de o remarcabilă completitudine asupra raporturilor legice existente în natură.

Extinderea conceptului de natură, care s-a realizat prin această evoluție pe jumătate inconștientă, nu trebuia să fie considerată o părăsire principială a obiectivelor inițiale ale științelor naturii, deoarece conceptele fundamentale determinate pentru experiența lărgită mai erau încă identice cu acelea necesare pentru experiența naturală ; natura apărea în secolul al XIX-lea ca o desfășurare legică în spațiu și timp, pentru a cărei descriere se putea face abstracție — dacă nu practic, cel puțin în principiu — de om și de intervenția sa asupra naturii.

Materia era considerată ceea ce rămîne constant în scurgerea fenomenelor, avînd o masă inalterabilă, care putea fi pusă în mișcare cu ajutorul forțelor. Experiențele chimice întreprinse și interpretate cu succes, începînd cu secolul al XVIII-lea, datorită ipotezei atomului preluată din antichitate, au permis înțelegerea atomilor în sensul filozofiei antice a naturii, ca reprezentînd existența autentică, ca elementele de construcție inalterabile ale materiei. Ca și în filozofia lui Democrit, calitățile sensibile ale materiei reprezentau doar aparentul. Mirosul sau culoarea, temperatura sau duritatea nu erau proprietăți autentice ale materiei, ci se nășteau prin interacțiunea dintre materie și simțurile noastre, trebuind să fie explicate prin aranjamentul și mișcarea atomilor și prin acțiunea acestui aranjament asupra simțurilor noastre. Astfel s-a constituit imaginea simplificată a materialismului secolului al XIX-lea : atomii ca existență autentică neschimbătoare se mișcă în spațiu și timp, iar prin dispoziția și mișcările lor reciproce se nasc variatele fenomene ale universului nostru sensibil.

O primă, chiar dacă însă nu prea periculoasă, breșă în această imagine s-a produs în a doua jumătate a secolului trecut prin dezvoltarea teoriei electricității, în care cîmpul electric și nu materia era considerat realitatea autentică. O acțiune reciprocă între cîmpurile electrice fără o substanță-suport era mai greu de înțeles decît reprezentarea materialistă a realității în fizica atomului ; și astfel s-a introdus un element abstract și neintuitiv în imaginea lumii care părea atît de clară în celelalte domenii. Nu au lipsit încercările de a se reveni — cu ajutorul unui eter material, care trebuia să poarte aceste cîmpuri ca un mediu elastic — la conceptul simplu al materiei, propriu filozofiei materialiste ; totuși aceste încercări au rămas fără succes. Există însă o consolare în ideea că modificările cîmpurilor electrice puteau fi considerate și ele ca procese ce se desfășoară în spațiu și timp, că ele puteau fi descrise absolut obiectiv, fără referire la modul în care ele erau observate, și că ele corespundeau astfel imaginii ideale general acceptate a unei deveniri legice în spațiu și timp. Cîmpurile, care puteau fi observate numai în acțiunea lor reciprocă cu atomul, erau concepute ca fiind provocate de aceștia, astfel că într-un anumit sens ele puteau fi folosite doar pentru a se explica mișcarea atomilor. În această situație, atomii rămîneau totuși existența autentică ; spațiul vid dintre atomi, în calitatea lui de suport al cîmpurilor electrice și al geometriei, poseda doar „o oarecare realitate".

Pentru această imagine a universului, faptul că datorită descoperirii radioactivității, pe la sfîrșitul secolului trecut, atomii chimici nu mai puteau fi considerați drept ultimele elemente indivizibile ale realității avea puțină importanță, deoarece aceștia erau considerați mai degrabă alcătuiți, la rîndul lor, din trei tipuri de elemente fundamentale, pe care le numim astăzi protoni, neutroni și electroni. Prin con-

secinţele sale practice, această descoperire a condus la transmutaţia elementelor şi la tehnica atomului, căpătînd prin aceasta o imensă importanţă. Dar problema de principiu nu se modifică deloc dacă noi astăzi recunoaştem protonii, neutronii şi electronii ca cele mai mici elemente constitutive ale materiei şi îi interpretăm ca reprezentînd existenţa autentică. Importantă, pentru imaginea materialistă a universului, este acum posibilitatea de a considera aceste cele mai mici pietre de construcţie, particulele elementare, drept ultima realitate obiectivă. Pe această bază se întemeia imaginea despre univers, solid construită, a secolului al XIX-lea şi a începutului secolului al XX-lea şi, datorită simplităţii ei, ea şi-a păstrat timp de mai multe decenii întreaga putere de convingere.

Dar tocmai în acest domeniu s-au produs în secolul nostru modificări profunde în fundamentele fizicii atomului, care ne îndepărtează de concepţia despre realitate a filozofiei atomice antice. S-a constatat că acea sperată realitate obiectivă a particulelor elementare reprezintă o simplificare prea grosolană a stărilor reale de lucruri şi de aceea ea trebuie să cedeze locul unor reprezentări mult mai abstracte. Căci, dacă vrem să ne facem o imagine despre genul de existenţă a particulelor elementare, atunci nu mai putem face abstracţie în mod fundamental de procesele fizice prin care obţinem informaţii despre aceste particule. Atunci cînd observăm obiecte ale experienţei noastre cotidiene, procesul fizic care ne mijloceşte observarea joacă numai un rol subordonat. Pentru cele mai mici pietre de construcţie ale materiei, orice proces de observaţie provoacă însă o perturbaţie considerabilă ; nu mai putem vorbi despre comportarea particulelor independent de procesul de observare. Aceasta are ca urmare faptul că legile naturii pe care le formulăm matematic în teoria cuantică nu se mai

referă la particulele elementare în sine, ci la cunoştinţele noastre asupra acestor particule elementare. Problema dacă aceste particule „în sine" există în spaţiu şi timp nu mai poate fi pusă în această formă, întrucît noi întotdeauna putem să vorbim numai despre procese care se desfăşoară atunci cînd prin acţiunea reciprocă a particulei cu oricare alt sistem fizic, de exemplu cu instrumentele de măsură, încercăm să cunoaştem comportarea particulelor. Reprezentarea unei realităţi obiective a particulelor elementare a dispărut astfel într-un mod ciudat nu în ceaţa reprezentării unei realităţi noi, neclară sau încă neînţeleasă, ci în claritatea transparentă a unei matematici care nu mai reprezintă comportarea particulelor elementare, *ci cunoaşterea* pe care o avem despre această comportare.

Fizicianul atomist a trebuit să se aplece în faţa faptului că ştiinţa lui nu este decît o verigă a lanţului nesfîrşit al dialogului omului cu natura, că ea nu mai poate vorbi simplu despre natura „în sine". Ştiinţele naturii presupun întotdeauna existenţa prealabilă a omului şi, aşa cum s-a exprimat Bohr, trebuie să ne dăm seama că în teatrul vieţii noi nu sîntem numai spectatori, ci şi actori. Înainte de a putea vorbi de consecinţele generale care decurg din această nouă situaţie a fizicii moderne, este necesar să luăm în considerare dezvoltarea tehnicii, mult mai importantă pentru viaţa practică de pe Pămînt şi care se produce paralel cu dezvoltarea ştiinţelor naturii. Numai prin această tehnică s-au extins ştiinţele naturii din Occident pe întregul glob, căpătînd un loc central în gîndirea contemporană. În procesul acestei dezvoltări din cursul ultimelor două secole, tehnica a fost în mod permanent condiţie şi consecinţă a ştiinţelor naturii. Ea este o condiţie a ştiinţelor naturii întrucît extinderea şi aprofundarea ştiinţei nu se pot produce adesea decît prin perfecţionarea mijloacelor de observaţie ; este suficient să ne

amintim de descoperirea lunetei și a microscopului sau de descoperirea radiațiilor Roentgen. Tehnica este, pe de altă parte, consecință a științelor naturii, întrucît exploatarea tehnică a forțelor naturii nu devine, în general, posibilă decît datorită unei cunoașteri aprofundate a domeniului de experiență corespunzător.

În felul acesta s-a dezvoltat în secolul al XVIII-lea și la începutul secolului al XIX-lea o tehnică ce se întemeiază pe folosirea fenomenelor mecanice. În această tehnică, mașina nu face altceva decît să imite mîna omului, fie că e vorba de tors sau de țesut, de ridicarea greutăților sau de forjarea marilor blocuri de fier. Din această cauză, tehnica a fost considerată mai întîi ca o prelungire și extindere a vechii manufacturi ; celor neinițiați ea le apărea la fel de ușor de înțeles și de evidentă ca și instrumentele vechilor meșteșuguri, ale căror principii le cunoștea oricine chiar dacă nu fiecare le putea imita opera. Acest caracter al tehnicii nu s-a modificat fundamental nici chiar prin introducerea mașinii cu aburi ; începînd însă cu mașina cu aburi, tehnica s-a extins în proporții necunoscute pînă atunci, fiindcă acum forțele naturii, care erau concentrate în cărbune, puteau fi puse în slujba oamenilor pentru a înlocui munca lor manuală.

O modificare hotărîtoare a caracterului tehnicii nu s-a produs decît odată cu dezvoltarea electrotehnicii, în a doua jumătate a secolului trecut. În acest caz nu se mai putea vorbi de o legătură nemijlocită cu vechea manufactură. Este vorba mai degrabă de exploatarea unor forțe ale naturii care nu-i erau deloc cunoscute omului din experiența directă. De aceea, electrotehnica rămîne pentru mulți oameni chiar și astăzi ceva înspăimîntător, ea este cel puțin considerată de neînțeles, deși ne înconjură din toate părțile. Cablul de înaltă tensiune, de care nu trebuie să ne apropiem, ne dă într-o anumită măsură o idee intuitivă despre noțiunea

de cîmp electric, pe care-l folosesc aici științele naturii, dar, în esență, acest domeniu al naturii ne rămîne străin. A privi în interiorul unui aparat electric complicat ne este adesea la fel de neplăcut ca a asista la o intervenție chirurgicală.

Tehnica chimiei ar putea fi considerată și ea ca o continuare a vechilor meșteșuguri, cum ar fi vopsitoria, tăbăcăria și farmacia. Dar și aici extinderea noii tehnici a chimiei, dezvoltată începînd aproximativ cu trecerea la secolul al XX-lea, nu ne mai îngăduie nici o comparație cu ceea ce a fost odată.

În sfîrșit, în tehnica atomică este vorba de o exploatare a unor forțe ale naturii la care nu mai avem nici un fel de acces plecînd de la lumea experienței naturale. Este posibil ca și această tehnică să devină tot așa de familiară ca și electrotehnica pentru omul modern, care nu și-o poate închipui ca absentă din lumea care-l înconjură direct. Dar chiar și lucrurile care ne înconjură în viața cotidiană nu devin, datorită acestui fapt, o parte a naturii, în sensul originar al cuvîntului. În viitor, numeroasele aparate tehnice vor deveni poate tot așa de nedespărțit de om cum este cochilia de melc sau pînza de păianjen. Dar și în acest caz aparatele vor fi mai degrabă părți ale organismului omenesc decît părți ale naturii înconjurătoare.

Intervenția profundă a tehnicii în raporturile dintre natură și om se manifestă prin aceea că tehnica transformă pe scară largă lumea înconjurătoare, indicîndu-i omului neîncetat și inevitabil aspectul natural-științific al universului. Pretenția științelor de a putea să pătrundă natura cu ajutorul unei metode capabile să desprindă și să ilumineze individualul, înaintînd de la o configurație de relații la alta, se reflectă în tehnica ce progresează pas cu pas în domenii noi și transformă sub ochii noștri lumea înconjurătoare, pe care o înseamnă cu pecetea

umană. După cum în științele naturii fiecare problemă individuală se subordonează marii sarcini a înțelegerii naturii în totalitatea ei, tot la fel orice progres tehnic, oricît de mic, servește scopului general de a extinde puterea materială a oamenilor. Valoarea acestui obiectiv este la fel de puțin discutabilă ca și valoarea cunoașterii naturii în știință, ambele scopuri reunindu-se în formula devenită banală : „A ști înseamnă a putea". Deși subordonarea fiecărui proces tehnic particular scopului general poate fi susținută, totuși pentru dezvoltarea integrală este caracteristic faptul că procesele tehnice particulare sînt legate adesea de scopul general într-un mod atît de indirect încît nu mai pot fi considerate aproape deloc drept părți ale unui plan general elaborat conștient pentru atingerea acestui obiectiv. În aceste cazuri, tehnica aproape că nu mai apare ca un produs al eforturilor conștiente ale omului în vederea extinderii puterii lui materiale, ci mai degrabă ca un fenomen biologic în mare, în cadrul căruia structurile interne ale organismului uman sînt transferate din ce în ce mai mult lumii înconjurătoare ; un proces biologic care prin însăși natura lui se sustrage controlului omului, fiindcă, *„chiar dacă omul face ce vrea, el nu poate voi ceea ce vrea"*.

S-a spus adesea în această privință că transformarea profundă pe care era tehnicii a adus-o lumii noastre înconjurătoare și modului nostru de viață a modificat de asemenea, într-un mod periculos, gîndirea noastră, și în acest fapt trebuie căutată rădăcina crizelor care au zguduit vremea noastră și care-și găsesc expresia, de exemplu, și în arta modernă. De fapt, această obiecție este cu mult mai veche decît tehnica și știința erei moderne, căci, într-o formă primitivă, tehnica și mașinile existau de multă vreme, astfel încît oamenii au fost obligați din timpurile de mult apuse să mediteze asupra acestor probleme. Acum două milenii și jumă-

tate, de exemplu, înțeleptul chinez Dschau Ang Dei vorbea de pericolul pe care-l reprezenta folosirea mașinilor pentru om ; aș vrea să citez aici un pasaj din scrierile sale care prezintă interes pentru subiectul nostru :

„Pe cînd Dsi Gung străbătea regiunea de la nord de rîul Han, văzu un om bătrîn lucrînd în grădina lui de zarzavat, în care construise canale de irigație. Bătrînul cobora el însuși în puțuri și urca cu brațele sale un vas plin cu apă pe care-l golea în canale. Deși se străduia din toate puterile, munca lui avea puțin spor.

Dsi Gung spuse : «Există un mijloc de a iriga o sută de canale într-o singură zi. Cu puțină osteneală poți obține rezultate însemnate. Nu vrei să-l folosești ?»

Grădinarul se ridică, îl privi și spuse : «Și care este mijlocul acesta ?».

Dsi Gung spuse : «Iei o pîrghie de lemn, grea spre coadă și ușoară în partea din față. Așa poți scoate apa din adîncime. Acest lucru se numește fîntînă cu cumpănă».

Pe fața bătrînului apăru mînia, și el răspunse cu un rîset : «L-am auzit pe învățătorul meu spunînd : Acela care folosește o mașină face toate treburile ca o mașină ; acela care face treburile ca o mașină capătă o inimă de mașină ; acela care are o inimă de mașină în pieptul lui își pierde nevinovăția lui curată ; iar omul care și-a pierdut nevinovăția lui curată nu mai este sigur de impulsurile spiritului său ; nesiguranța spiritului nu se poate împăca cu judecata adevărată».

Nu că n-aș cunoaște aceste lucruri, dar mi-e rușine să mă servesc de ele“.

Fiecare dintre noi simte că această străveche povestire conține o parte însemnată de adevăr, fiindcă „nesiguranța în impulsurile spiritului“ este poate o expresie care ar putea descrie în modul cel mai izbitor starea oamenilor în criza actuală. În ciuda acestui fapt, tehnica, mașinile au invadat lumea într-o măsură pe care înțelep-

tul chinez nu putea s-o bănuiască ; şi totuşi de două milenii au fost create instrumente tehnice foarte frumoase, iar nevinovăţia spiritului de care vorbeşte filozoful nu a fost nicicînd cu totul pierdută, ci s-a manifestat, uneori mai puternic alteori mai slab, fără a înceta vreodată de a fi fecundă. Căci ridicarea la un nivel superior a speciei umane s-a realizat prin dezvoltarea uneltelor ; deci tehnica nu poate reprezenta cauza pierderii în epoca noastră a conştiinţei coeziunii, observată în multe domenii. Ne-am apropia poate de adevăr dacă am pune numeroasele complicaţii care s-au ivit pe seama extinderii bruşte şi — comparată cu transformările anterioare — rapidă a tehnicii în ultimii 50 de ani, deoarece această rapiditate a transformărilor în comparaţie cu secolele anterioare pur şi simplu nu a lăsat timp omenirii să se adapteze condiţiilor de viaţă nou create. Dar chiar şi acest fapt nu explică corect, sau în mod complet, de ce epoca noastră pare că se află evident în faţa unei noi situaţii, pentru care nu găsim nimic analog în istorie.

Am spus chiar de la început că modificările în fundamentele ştiinţelor moderne ale naturii ar putea fi considerate un simptom al dislocării fundamentelor existenţei noastre, care se manifestă simultan în multe domenii, fie că este vorba de modificări ale modului nostru de viaţă şi ale deprinderilor noastre de gîndire sau de catastrofe externe, războaie sau revoluţii. Dacă încercăm, pornind de la situaţia ştiinţelor moderne ale naturii, să sondăm fundamentele intrate în mişcare ale existenţei umane, putem spune, fără a avea impresia că modificăm prea grosolan raporturile, că *pentru prima oară în decursul istoriei omul se raportează numai la sine pe acest Pămînt,* că el nu mai are nici partener, nici adversar. Această afirmaţie este valabilă mai întîi într-o formă cu totul banală pentru lupta omului contra pericolelor externe.

Înainte omul era amenințat de animalele sălbatice, de boli, de foame, de frig și de alte forțe ale naturii, iar în această luptă orice îmbunătățire a tehnicii însemna o întărire a poziției lui, adică un progres. În epoca noastră, cînd Pămîntul a devenit din ce în ce mai populat, restrîngerea posibilităților de viață, deci și pericolele, provin în primul rînd de la ceilalți oameni, care-și revendică și ei dreptul la bunurile Pămîntului. În acest conflict însă, dezvoltarea tehnicii nu ar trebui să mai reprezinte un progres. Expresia „Omul se raportează numai la sine" are în era tehnicii o valabilitate într-un sens și mai larg. În epocile anterioare, omul se afla față în față cu natura ; această natură, locuită de ființe de toate genurile, era un imperiu care trăia după legile lui proprii, la care omul trebuia să se adapteze într-un fel sau altul. Astăzi trăim însă într-o lume atît de complet transformată de om încît peste tot *întîlnim structuri create de om, ne întîlnim, într-o măsură anumită, mereu cu noi înșine,* fie că folosim instrumente în viața de toate zilele, fie că folosim o hrană pentru prepararea căreia s-au folosit mașinile, fie că traversăm regiunile naturii transformate de om. Există, neîndoielnic, părți ale Pămîntului unde acest proces este încă departe de a fi terminat, însă, mai devreme sau mai tîrziu, stăpînirea de către om a naturii va trebui să fie totală.

Cel mai strict apare însă noua situație chiar în științele moderne, în care, așa cum am spus mai înainte, ea ne arată că nu mai putem considera „în sine" pietrele de construcție ale materiei, care erau înțelese mai înainte ca reprezentînd realitatea obiectivă ultimă, că ele se sustrag oricărei fixări obiective în spațiu și timp și că *în esență, noi putem lua ca obiect al științei întotdeauna doar cunoașterea pe care o putem avea despre aceste particule.* Scopul cercetării nu mai este, de aceea, cunoașterea atomilor și a mișcării lor „în sine", adică independent

de observaţia experimentală ; mai degrabă ne găsim de la început în centrul dialogului dintre natură şi om, din care ştiinţa naturii nu reprezintă decît o parte, astfel încît împărţirea uzuală a lumii în subiect şi obiect, lume interioară şi lume exterioară, corp şi suflet nu mai corespunde, producînd o serie de dificultăţi. Şi pentru ştiinţele naturii obiectul cercetării nu-l mai reprezintă natura în sine, *ci natura supusă întrebărilor omului,* astfel că şi în acest domeniu omul nu se întîlneşte din nou decît cu el însuşi.

Este evident că sarcina epocii este acomodarea la această nouă situaţie, în toate domeniile vieţii, şi numai cînd aceasta se va realiza omul va putea să-şi regăsească „siguranţa în impulsurile spiritului", despre care vorbea înţeleptul chinez. Acest drum va fi lung şi dureros, şi noi nu putem şti prin ce etape de suferinţă va trebui să trecem. Dar, dacă se caută cîteva indicii asupra modului în care va arăta acest drum, v-aş cere permisiunea să ne mai reamintim exemplul ştiinţelor exacte ale naturii.

În teoria cuantică s-a acceptat situaţia descrisă mai sus de îndată ce s-a reuşit ca ea să fie formulată matematic, ceea ce a permis să se prevadă rezultatul unei experienţe în fiecare caz, clar şi fără pericolul unei contradicţii logice. Noua situaţie a fost astfel acceptată în momentul în care neclarităţile au fost înlăturate. Formulele matematice nu mai reprezentau atunci natura, ci cunoaşterea noastră despre natură, şi astfel s-a renunţat la un gen de descriere a naturii practicată de cîteva secole şi care — nu cu mai mult de cîteva decenii înainte — era considerată ca obiectivul normal al oricărei ştiinţe exacte a naturii. Deocamdată trebuie să ne mărginim a spune că această acceptare se referă numai la domeniul fizicii atomice, deoarece aici putem descrie exact experienţele. Imediat ce este vorba însă de interpre-

tarea filozofică a teoriei cuantelor, părerile diferă, auzindu-se adesea că această nouă formă a descrierii naturii ar fi încă nesatisfăcătoare, deoarece ea nu ar corespunde idealului anterior al adevărului ştiinţific, că ea ar reprezenta numai un simptom pentru criza noastră, nefiind în nici un caz definitivă.

Ar fi poate util să examinăm într-un mod mai general, în acest context, conceptul de adevăr ştiinţific, întrebîndu-ne asupra criteriilor după care o cunoaştere ştiinţifică poate fi numită consecventă şi definitivă. Mai întîi, un criteriu mai degrabă exterior. Atîta vreme cît un domeniu al vieţii spirituale se dezvoltă mai departe constant şi fără discontinuităţi interne, omului care lucrează în acest domeniu i se pun diverse probleme de detaliu, care într-o anumită măsură reprezintă chestiuni de meserie, a căror soluţie nu este un scop în sine, ci apare ca avînd o valoare pentru coeziunea marelui ansamblu, singurul cu adevărat important. Aceste probleme de detaliu sînt puse, ele nu trebuie mai întîi căutate de noi, iar soluţionarea lor este condiţie a colaborării la ansamblu. Astfel se întîmpla atunci cînd sculptorii evului mediu se străduiau să redea cît mai exact posibil cutele unui veşmînt : soluţia acestei probleme de amănunt era necesară întrucît cutele veşmîntului unui sfînt făceau parte din ansamblul religios spre care se năzuia. Asemenea chestiuni de detaliu s-au pus şi se pun permanent în ştiinţa modernă a naturii, iar răspunsul care li se dă este o condiţie a înţelegerii ansamblului. Asemenea probleme au apărut şi în cursul dezvoltării care s-a produs în ultimii 50 de ani, ele nu trebuiau inventate, iar scopul era mereu aceeaşi mare coerenţă a legilor naturii Din acest punct de vedere nu există nici un

motiv exterior în știința exactă a naturii pentru vreo soluție de continuitate.

În ceea ce privește însă caracterul definitiv al rezultatelor, trebuie reamintit că în sfera științelor exacte ale naturii nu au existat niciodată soluții definitive, cu excepția unor domenii limitate ale experienței. Problemele care pot fi formulate, de exemplu, cu conceptele mecanicii newtoniene și-au găsit un răspuns valabil pentru toate timpurile în legile lui Newton și în concluziile matematice care pot rezulta din ele. Aceste soluții nu depășesc însă conceptele și formularea problemelor proprii mecanicii newtoniene. Din această cauză, teoria electricității, de exemplu, nu a mai fost accesibilă unei analize bazate pe aceste concepte, în cursul cercetărilor din acest domeniu elaborîndu-se noi sisteme conceptuale cu ajutorul cărora legile naturale ale științei electricității au putut căpăta o formulare matematică definitivă. Cuvîntul „definitiv", folosit în contextul științelor exacte ale naturii, înseamnă deci că *există sisteme de concepte și de legi care formează o totalitate închisă, care pot fi formulate matematic și care sînt valabile pentru anumite domenii ale experienței;* în aceste domenii, sistemele de concepte și legi au o valabilitate universală, nefiind apte să sufere nici modificări, nici ameliorări. Firește, nu putem spera ca aceste concepte și legi să fie în stare, mai tîrziu, să reprezinte noi domenii ale experienței. Numai în acest sens limitat pot fi astfel conceptele și legile mecanicii cuantice considerate ca definitive, și numai în acest sens limitat se poate în general fixa în mod definitiv cunoașterea științifică, matematic sau în oricare alt limbaj.

Într-un mod analog, anumiți filozofi ai dreptului admit că, deși dreptul există veșnic, totuși

pentru fiecare caz juridic ar trebui găsită în principiu o nouă lege, că legea scrisă nu poate fi aplicată decît în domenii limitate ale vieţii şi că de aceea ea nu poate avea o valabilitate permanentă. Ştiinţele exacte ale naturii pleacă şi ele de la ideea că pînă la urmă ne va fi posibil să înţelegem natura în fiecare nou domeniu al experienţei, însă cum sensul termenului „a înţelege" nu a fost fixat *a priori*, cunoaşterea naturii din epocile anterioare, formulată matematic, deşi *„definitivă", nu este întotdeauna aplicabilă*. Tocmai această stare de lucruri face imposibilă întemeierea pe cunoaşterea ştiinţifică a profesiunilor de credinţă destinate să influenţeze comportarea noastră în viaţă. Căci această fundamentare se poate realiza numai prin cunoştinţe matematice fixate, iar acestea sînt aplicabile doar la domenii limitate ale experienţei. Afirmaţia, care stă adesea la începutul unor profesiuni de credinţă născute în secolul nostru, că în acestea nu am avea de-a face cu credinţe, ci cu o cunoaştere ştiinţific fundată conţine deci o contradicţie internă şi se întemeiază pe o autoiluzionare.

Şi totuşi această constatare nu trebuie să ne conducă la subestimarea soliditătii fundamentului edificiului ştiinţelor exacte ale naturii. Conceptul de adevăr ştiinţific, care este fundamentul acestor ştiinţe, poate include în el numeroase moduri de a înţelege natura. În afară de ştiinţele naturii din secolele trecute, acest concept cuprinde, de asemenea, şi fizica modernă. Din aceasta rezultă că avem posibilitatea să ne acordăm unei stări de cunoaştere în care obiectivarea completă a proceselor naturii nu mai este posibilă, dar în care putem totuşi stabili raporturi cu natura.

Dacă se poate vorbi de o imagine a naturii conformă cu ştiinţele exacte ale naturii din

vremea noastră, atunci trebuie să înțelegem prin ea nu atît imaginea naturii, cît imaginea raporturilor noastre cu natura. Vechea împărțire a lumii într-o existență care se desfășoară obiectiv în spațiu și timp, pe de o parte, și un spirit în care se reflectă această dezvoltare, pe de altă parte — așadar împărțirea lui Descartes în *res cogitans* și *res extensa* —, nu mai corespunde ca punct de plecare în înțelegerea științelor moderne ale naturii. În cîmpul de vedere al acestei științe se află mai presus de toate rețeaua relațiilor omului cu natura, raporturile prin care noi — în calitatea noastră de ființe fizice vii — sîntem părți dependente de natură, în timp ce — în calitatea noastră de oameni — reprezentăm obiectul gîndirii și al acțiunilor noastre. Începînd de a mai fi un spectator al naturii, știința se recunoaște și ea drept parte a acțiunilor reciproce dintre om și natură. Metoda științifică ce selecționează, explică și ordonează recunoaște și granițele ce i-au fost impuse datorită faptului că prin *folosirea metodei se schimbă și se transformă obiectul, că metoda nu mai poate fi astfel despărțită de obiectul ei.* Imaginea natural-științifică asupra naturii încetează astfel a mai fi propriu-zis natural-științifică.

Prin clarificarea acestor paradoxuri într-un domeniu științific îngust nu s-a obținut, desigur, decît puțin pentru situația generală a timpului nostru, în care, pentru a repeta o simplificare folosită mai sus, ne aflăm dintr-o dată singuri cu noi înșine. Speranța că extinderea puterii materiale și spirituale a omului ar reprezenta întotdeauna un progres își găsește în această situație o graniță chiar dacă aceasta, la început, nu e vizibilă cu claritate, iar pericolele devin cu atît mai mari cu cît valul de optimism adus de credința în acest progres se lovește mai

tare de această limită. Printr-o altă metaforă am putea face ca acest pericol să devină și mai conștient. Datorită unei creșteri, în aparență nelimitată, a puterii ei materiale, omenirea se află în situația unui căpitan a cărui navă ar fi construită dintr-o cantitate atît de mare de oțel și fier încît busola lui, în loc să indice nordul, nu s-ar îndrepta decît spre masa metalică a vasului. O asemenea navă nu ar ajunge nicăieri. Expusă vînturilor și curenților, singurul lucru pe care l-ar putea face ar fi acela de a se învîrti într-un cerc. Să ne amintim însă din nou de situația din fizica modernă. Pericolul există numai atîta vreme cît căpitanul nu știe că busola lui nu mai reacționează la forța magnetică a Pămîntului. În clipa în care el înțelege acest fapt, pericolul dispare deja pe jumătate. Fiindcă acel căpitan, care nu va dori să se-nvîrtească în cerc, ci să ajungă la o țintă cunoscută sau necunoscută, va găsi un mijloc să-și conducă nava, fie folosind noile busole moderne, care nu reacționează la masa de fier a vasului, fie orientîndu-se după stele, așa cum se făcea pe timpuri. Este adevărat că nu depinde de noi dacă stelele sînt sau nu vizibile ; în vremea noastră nu le vedem decît rareori ; însă, în orice caz, faptul că sîntem conștienți de limitele speranței pe care o exprimă credința în progres conține dorința de a nu ne învîrti în cerc, ci de a atinge o țintă. În momentul în care recunoaștem clar această limită, ea devine primul punct fix care ne permite o nouă orientare. Comparația cu științele moderne ale naturii ne permite poate să sperăm că avem de-a face cu limita unor anumite forme de dezvoltare din domeniul vieții omenești, și nu cu o limită a sferei vieții propriu-zise. Spațiul în care se dezvoltă omul în calitatea lui de ființă spirituală are mai multe dimensiuni în comparație cu singura dimensiune în care s-a dezvoltat activitatea lui în cursul

ultimelor secole. S-ar putea conchide că, într-o perioadă îndelungată de timp, acceptarea conștientă a acestei limite va duce la o anumită stabilizare, în care gîndurile omului se vor ordona de la sine în jurul unui centru comun. O asemenea ordine va reprezenta poate și o bază nouă în dezvoltarea artei, dar a vorbi despre acest fapt nu mai poate fi o sarcină a cercetătorilor din domeniul științelor naturii.

CERCETAREA ATOMULUI ȘI LEGEA CAUZALITĂȚII *

Printre cele mai interesante rezultate generale ale fizicii moderne a atomului se înscriu și transformările produse, sub influența ei, în conceptul de legitate naturală.

În cursul ultimilor ani s-a spus mereu că fizica modernă a atomului abandonează legea cauzalității sau, cel puțin, îi limitează parțial puterea, astfel încît nu s-ar putea vorbi de o determinare legică propriu-zisă a proceselor. Uneori s-a spus, pur și simplu, că principiul cauzalității nu este compatibil cu știința modernă a atomului. Formulările de acest gen rămîn obscure atîta vreme cît conceptele de cauzalitate sau legitate nu sînt satisfăcător elucidate. Tocmai de aceea aș dori, în cele ce urmează, să vorbesc mai întîi pe scurt despre dezvoltarea istorică a acestor concepte. Apoi voi intra în discutarea relațiilor existente între fizica atomică și principiul cauzalității așa cum au fost acestea cu mult înainte de teoria cuantică. În final voi vorbi despre consecințele teoriei cuantice și despre dezvoltarea fizicii atomului în ultimii ani. Această dezvoltare este încă puțin cunoscută publicului, totuși pare că trebuie să ne așteptăm la repercusiuni ale acesteia în domeniul filozofiei.

---

* Conferință ținută la 12.2.1952 în St. Gallen. Apărută inițial în *Universitas*, 9 Jg., 1954, Heft 3, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft m.b.H., Stuttgart, p. 225—236.

Întrebuințarea conceptului de cauzalitate pentru regula cauzei și efectului este istoric relativ recentă. În filozofiile antice, termenul „*causa*" avea o semnificație mult mai generală decît cea de astăzi. Referindu-se la Aristotel, scolastica vorbea de patru tipuri de cauze. Acolo se găsesc amintite : „*causa formalis*", pe care astăzi am putea-o numi structura sau conținutul conceptual al unui lucru : „*causa materialis*", adică materia din care este alcătuit un anumit lucru, „*causa finalis*", scopul pentru care obiectul a fost creat, și, în fine, „*causa efficiens*" ; numai „causa efficiens" corespunde întrucîtva la ceea ce noi astăzi desemnăm prin termenul de cauză.

Transformarea conceptului „causa" în conceptul actual de cauză s-a produs în cursul secolelor, într-o legătură internă cu transformarea întregii realități, așa cum o concepe omul, și cu nașterea științelor naturii la începutul erei moderne. În măsura în care procesul material cîștiga realitate, și cuvîntul „causa" se raporta la acele fenomene materiale care premerg fenomenului de explicat și, într-un anumit fel, îl provoacă. Tocmai de aceea Kant, care în multe privințe a tras consecințele dezvoltării științelor naturii după Newton, folosește deja termenul de cauzalitate în accepția curentă din secolul al XIX-lea : „Atunci cînd aflăm că ceva se produce, noi presupunem întotdeauna că a existat mai înainte un lucru din care primul decurge după o regulă".

Astfel, formula cauzalității a fost limitată și a fost în final identificată cu faptul de a aștepta ca un eveniment natural să fie riguros determinat ; drept urmare, cunoașterea exactă a naturii sau a unei părți a acesteia trebuie să fie suficientă, cel puțin în principiu, pentru a se prevedea viitorul. Fizica lui Newton a fost astfel concepută încît din starea unui sistem la un timp determinat s-ar putea calcula dinainte mișcarea viitoare a sistemului. Faptul că acesta

ar fi un principiu al naturii a fost formulat în maniera cea mai generală şi cea mai comprehensibilă de Laplace : el a construit ficţiunea unui demon care, la un moment dat, ar cunoaşte poziţia şi mişcarea tuturor atomilor şi ar fi astfel în măsură să prevadă dinainte viitorul întregului univers. Dacă se ia termenul de cauzalitate într-un sens restrîns, se vorbeşte de „determinism" şi se înţelege prin aceasta faptul că există legi naturale stabile care determină univoc starea viitoare a unui sistem plecînd de la starea lui actuală.

Fizica atomică a dezvoltat de la început noţiuni care, realmente, nu se mai acordă acestei imagini. Aceste noţiuni nu o contrazic încă fundamental, dar maniera de a gîndi proprie ştiinţei atomice a trebuit de la început să se distingă de aceea a determinismului. Deja în doctrina atomistă antică a lui Democrit şi Leucip se admitea că procesele la scară mare rezultă din multiplele procese neregulate la scară microscopică. Că aceasta este în mod fundamentat adevărat este suficient să o probăm cu ajutorul exemplelor din viaţa de zi cu zi. Agricultorului îi este suficient să constate că un nor a căzut şi a udat cîmpul, şi nimeni nu are nevoie să ştie cum au căzut picăturile de apă fiecare în parte. Să luăm un alt exemplu : toată lumea înţelege ceea ce înseamnă cuvîntul „granit", deşi forma, compoziţia chimică a micilor cristale, raportul de compoziţie şi culoarea lui nu sînt exact cunoscute. Ne servim astfel întotdeauna de concepte care se referă la comportarea fenomenelor la scară mare fără a ne interesa de procesele individuale care se desfăşoară la scară microscopică.

Această idee a acţiunii statistice colective a unui mare număr de procese individuale mici a constituit deja în teoria atomistă a anticilor baza explicării lumii, fiind generalizată în reprezentarea conform căreia toate calităţile sensibile ale materiei sînt produse indirect de dis-

punerea şi mişcarea atomilor. Democrit scria : „Un lucru nu este dulce sau amar decît în aparenţă, numai în aparenţă are el o culoare, în realitate există doar atomii şi spaţiul vid". Dacă se explică procesele senzorial-perceptibile de acest fel prin concursul unui număr foarte mare de procese individuale mici, rezultă aproape cu necesitate că legităţile din natură sînt considerate unic ca legităţi statistice. Este adevărat, legităţile statistice pot conduce la afirmaţii al căror grad de probabilitate este atît de înalt încît el se învecinează cu certitudinea. Dar, în principiu, pot exista întotdeauna excepţii.

Conceptul de legitate statistică este adesea considerat plin de contradicţii. Se spune că ne-am putea reprezenta că procesele din natură sînt determinate legic sau chiar că ele se desfăşoară complet dezordonat, dar prin legitate statistică nu ne putem reprezenta nimic. Dimpotrivă, să ne reamintim că în viaţa noastră zilnică avem de-a face la fiecare pas cu legităţi statistice, pe care le luăm ca temei al acţiunii noastre *practice*. Atunci cînd un tehnician construieşte o hidrocentrală, el ţine seama de o cantitate anuală medie a căderilor de ploaie, deşi el nu are nici o idee cînd va ploua şi cît.

Legităţile statistice semnifică, de regulă, faptul că sistemul fizic respectiv este cunoscut doar incomplet. Cel mai cunoscut exemplu este jocul cu zarurile. Întrucît nici o latură a zarului nu se deosebeşte de alta şi nu se poate în nici un fel prezice pe ce latură va cădea zarul, se poate presupune că, într-o serie foarte mare de aruncări, tocmai a şasea parte din acestea va fi faţa cu cinci puncte.

La începutul erei moderne s-a încercat de timpuriu să se explice comportarea materiei prin comportarea statistică a atomilor ei, nu numai calitativ, ci şi cantitativ. Încă Robert Boyle arăta că raportul dintre presiune şi volum dintr-un gaz ar putea fi înţeles dacă se

explică presiunea prin ciocnirile numeroase pe care le provoacă atomii individuali pereților unui recipient. Într-o manieră analoagă s-au explicat fenomenele termodinamice, acceptînd că atomii se mișcă într-un corp cald cu o violență mai mare decît într-un corp rece. S-a reușit să se dea acestei afirmații o formă matematică precisă și prin aceasta să se înțeleagă legile termodinamicii.

Utilizarea legităților statistice și-a aflat forma sa definitivă în a doua jumătate a secolului trecut, prin așa-numita mecanică statistică. În această teorie, ale cărei fundamente derivă simplu din mecanica newtoniană, se cercetează consecințele decurgînd dintr-o cunoaștere incompletă a unui sistem mecanic complex. Principial, determinismul nu este abandonat, admițîndu-se, conform mecanicii newtoniene, că procesele individuale ar fi complet determinate. Dar se adaugă ideea că proprietățile mecanice ale sistemului nu ar fi complet cunoscute. Gibbs și Boltzmann au reușit să exprime obiectiv în formule matematice genul de cunoaștere incompletă ; în special Gibbs a putut să arate că noțiunea de temperatură este direct legată tocmai de incompletitudinea cunoașterii. A cunoaște temperatura unui sistem echivalează cu cunoașterea faptului că sistemul aparține unui grup de sisteme echivalente. Acest grup de sisteme poate fi descris exact matematic, nu însă sistemul special despre care este vorba. Prin aceasta Gibbs, fără să-și dea în întregime seama, a realizat un pas care a atras mai tîrziu consecințe dintre cele mai importante. Gibbs a introdus pentru prima oară un concept fizic care poate fi aplicat unui obiect al naturii numai dacă cunoașterea noastră a acestui obiect este incompletă. Dacă, de exemplu, mișcarea și poziția tuturor moleculelor unui gaz ar fi cunoscute, a vorbi de temperatura acestui gaz nu ar mai avea nici un sens. Conceptul de temperatură se poate aplica numai dacă un sistem

este insuficient cunoscut şi dacă se vrea să se tragă concluzii statistice din această cunoaştere incompletă.

Deşi de la descoperirile lui Gibbs şi Boltzmann cunoaşterea incompletă a unui sistem a fost cuprinsă în formularea legilor fizice, nu s-a abandonat totuşi fundamental principiul determinismului pînă la celebra descoperire a lui Max Planck, cu care a debutat „teoria cuantică". Planck, în lucrările sale asupra teoriei radiaţiilor, nu găsise la început decît un element de discontinuitate în fenomenele de radiaţie. El a arătat că un atom emite energia nu în mod continuu, ci discontinuu, prin şocuri. Această emisie de energie discontinuă şi prin şocuri, ca toate reprezentările teoriei atomului, conduce din nou la ipoteza că emiterea de raze este un fenomen statistic. Dar a trebuit să treacă două decenii şi jumătate pînă să se realizeze faptul că teoria cuantică ne obligă realmente tocmai la formularea legilor ca legi statistice şi la părăsirea *principială* a determinismului. După lucrările lui Einstein, Bohr şi Sommerfeld, teoria lui Planck a ajuns la cheia cu care se poate deschide uşa spre întregul domeniu al fizicii atomului. Cu ajutorul modelului atomului creat de Bohr şi Sommerfeld, s-au putut explica procesele chimice, iar de atunci chimia, fizica şi astrofizica s-au contopit într-un tot unitar. Totuşi, în ceea ce priveşte formularea matematică a legilor cuantice, savanţii s-au văzut forţaţi să abandoneze determinismul pur. Întrucît nu pot vorbi aici despre aceste formulări matematice, mă voi limita să indic cîteva formule care exprimă situaţia specială a savantului în cadrul fizicii atomice.

S-ar putea exprima divergenţa dintre fizica contemporană şi fizica anterioară prin aşa-numitele „relaţii de indeterminare". S-a stabilit că nu este posibil să se indice simultan, cu orice exactitate dorită, poziţia şi viteza unei particule atomice. Se poate măsura foarte exact po-

ziţia, dar atunci intervenţia instrumentului de observare interzice, pînă la un anumit punct, cunoaşterea vitezei ; în cazul contrar, atunci cînd se măsoară viteza, cunoaşterea poziţiei devine imposibilă, astfel încît pentru produsul ambelor imprecizii este dată o limită inferioară prin constanta lui Planck. Această formulare arată, în orice caz, raţiunea pentru care cu conceptele mecanicii newtoniene nu mai putem ajunge prea departe ; căci pentru a calcula desfăşurarea unui proces mecanic ne este necesară tocmai cunoaşterea simultană a poziţiei şi vitezei la un moment dat, dar tocmai acest lucru devine imposibil, aşa cum arată teoria cuantică.

O altă formulare aparţine lui Niels Bohr, care a introdus conceptul de „complementaritate". Prin acesta el înţelege că diferitele imagini intuitive cu ajutorul cărora noi descriem sistemele atomare, deşi se aplică la anumite experimente, se exclud însă reciproc. Astfel este posibil, de exemplu, să se descrie atomul lui Bohr ca un mic sistem planetar : în centru, un nucleu ; în exterior, electronii, care gravitează în jurul său. Pentru alte experimente ar fi util să se reprezinte nucleul înconjurat de un sistem de unde statice, unde frecvenţa undelor este decisivă pentru radiaţia atomului. În fine, atomul poate fi considerat ca un obiect al chimiei ; sîntem în măsură să calculăm reacţia sa termică atunci cînd el se uneşte cu alţi atomi, dar nu putem urmări simultan mişcarea electronilor. Aceste imagini diferite sînt corecte cu condiţia ca ele să fie aplicate corect ; dar ele se contrazic reciproc, şi de aceea ele sînt desemnate complementare. Indeterminarea care apasă asupra fiecăreia dintre aceste imagini şi care este formulată prin relaţiile de indeterminare este suficientă pentru a se evita contradicţiile logice dintre diferitele imagini.

Este clar din aceste interpretări, fără a intra în detaliile matematice ale teoriei cuantice, că cunoaşterea incompletă a unui sistem trebuie

să reprezinte o parte esențială a oricărei formulări a teoriei cuantice. Legile mecanicii cuantice trebuie să posede un caracter statistic. Iată un exemplu : știm că un atom de radiu poate emite raze α ; teoria cuantică este în stare să indice cu ce probabilitate pe unitate de timp o particulă α părăsește nucleul, dar ea nu poate prevedea momentul precis al acestui eveniment, care este principial nedeterminat. Nu se poate face supoziția că, în viitor, se vor descoperi noi legi care ne vor permite să determinăm precis acest moment ; căci, dacă s-ar întîmpla astfel, nu s-ar mai putea înțelege rațiunea pentru care se consideră încă particula α ca o undă care părăsește nucleul ; or, experimentul întemeiază această ultimă constatare.

Diferitele experimente, care dovedesc atît caracterul ondulatoriu cît și pe cel corpuscular al materiei atomice, ne obligă, prin natura lor paradoxală, la formularea legităților statistice. Acest element statistic nu joacă, în general, nici un rol în procesele la scară mare, căci în acest domeniu probabilitatea legilor statistice este atît de înaltă încît aceste procese pot fi considerate, practic, ca determinate. Este adevărat că există întotdeauna cazuri în care procesele la scară mare depind de comportamentul unui singur sau al cîtorva atomi rari ; atunci nu se poate prevedea comportarea la scară mare decît statistic. Aș dori să explic aceasta pe baza unui exemplu cunoscut, deși extrem de neîmbucurător, și anume acela al bombei atomice.

În cazul unei bombe obișnuite, din greutatea materiei expresive și din compoziția sa chimică se poate calcula dinainte puterea exploziei. Pentru bomba atomică se pot da o limită superioară și una inferioară pentru tăria exploziei, însă o calculare anterioară exactă a acestei forțe este principial imposibilă, întrucît ea depinde de comportarea unui singur atom sau a unui număr mic de atomi în procesul exploziei.

În mod asemănător, există probabil procese

analoge şi în biologie — după cum a arătat îndeosebi Jordan — în care fenomenele la scară mare pot fi guvernate de procese ce se desfăşoară la nivelul atomilor individuali ; în special acesta pare a fi cazul cu mutaţia genelor în procesele ereditare. Aceste două exemple au fost alese pentru a explica consecinţele practice ale caracterului statistic al teoriei cuantice. Dezvoltarea acesteia este determinată de peste două decenii, şi nu se poate accepta că aici ar mai putea interveni în viitor vreo modificare fundamentală.

Cu toate acestea, în ultimii ani a apărut în cadrul problematic al cauzalităţii un nou punct de vedere; aşa cum am spus chiar de la început, acest punct de vedere provine din cea mai nouă dezvoltare a fizicii atomice. Problemele care stau astăzi în centrul interesului fizicii atomice sînt rezultate logice ale progresului acestei ştiinţe în decursul ultimilor 200 de ani, de aceea trebuie să revin, pe scurt, la istoria noii fizici atomice.

La începutul epocii moderne, conceptul de atom era legat de acela de element chimic. O substanţă era caracterizată prin aceea că ea nu mai putea fi divizată chimic mai departe. Fiecărui element îi aparţinea, de aceea, un gen determinat de atomi. O parte a elementului carbon constă din atomi de carbon, o parte a elementului fier, din atomi de fier. Era, aşadar, obligatoriu să se admită exact atît de multe genuri de atomi cîte elemente chimice există. Întrucit se cunoşteau 92 de elemente chimice diferite, a trebuit să se admită şi 92 de genuri de atomi. O asemenea reprezentare este însă, din punctul de vedere al presupoziţiilor de bază ale teoriei atomului, extrem de nesatisfăcătoare. Iniţial atomii trebuiau să explice prin dispoziţia şi mişcarea lor calităţile substanţei. O asemenea idee are numai atunci o valoare explicativă reală cînd se concepe că toţi atomii sînt egali sau că există un număr foarte mic de genuri

de atomi, așadar, cînd atomul nu conține el însuși calități. Dacă sîntem însă obligați să admitem 92 de atomi calitativ deosebiți, nu am obținut prin aceasta prea mult în raport cu afirmația că există lucruri calitativ deosebite.

Acceptarea a 92 de părticele extrem de mici fundamental diferite a fost considerată necorespunzătoare de multă vreme, și s-a bănuit că va trebui să fie posibil să se ajungă de la aceste 92 tipuri de atomi la un număr mai mic de părți componente elementare. La început s-a încercat ca înșiși atomii chimici să fie concepuți ca alcătuiți dintr-un număr redus de elemente de bază. Cele mai vechi încercări de a transforma o substanță chimică în alta au plecat întotdeauna de la presupoziția că, în cele din urmă, materia, în ciuda aparențelor, este omogenă. De fapt, în ultimii 50 de ani s-a constatat că atomii chimici sînt compuși, și anume numai din trei elemente fundamentale, pe care le numim protoni, electroni, neutroni.

Nucleul atomului se compune din protoni și neutroni, iar în jurul acestui nucleu gravitează un număr de electroni. Astfel, nucleul atomului de carbon este alcătuit din șase protoni și șase neutroni și este înconjurat, la o distanță relativ mare, de șase electroni. În locul celor 92 de genuri diferite de atomi au apărut, prin dezvoltarea fizicii nucleare în deceniul al patrulea, numai trei genuri de particule elementare.

Astfel, teoria atomului a luat acel drum care i-a fost trasat prin supozițiile ei fundamentale. După ce compoziția oricăror elemente chimice a fost explicată pe baza a trei particule fundamentale, trebuia să fie posibil și ca elementele chimice să fie transformate practic unul în altul. După cum se știe, descoperirea fizică este mai tîrziu urmată de realizarea tehnică. După descoperirea dezintegrării uraniului de către Otto Hahn, în 1938, și după dezvoltarea tehnică legată de aceasta, transmutația elementelor a devenit realizabilă la scară mare.

În ultimele două decenii însă, imaginea s-a răvăşit oarecum din nou. Pe lîngă cele trei particule elementare numite — protonii, electronii şi neutronii — s-au descoperit încă din deceniul al patrulea altele, iar în ultimii ani numărul acestor noi particule a crescut extrem de mult. Este vorba mereu de particule elementare care sînt, în opoziţie cu cele trei particule de bază, instabile, adică sînt capabile de existenţă numai o perioadă scurtă de timp. O varietate a acestor particule, mezonii, au o durată de viaţă aproximativ egală cu o milionime de secundă, altă varietate trăiesc numai o sutime din durata aceasta, un al treilea gen de particule, neîncărcate electric, trăiesc doar o sutime de bilion dintr-o secundă. În afară de această instabilitate, noile particule elementare se comportă însă perfect asemănător cu cele trei particule de bază stabile ale materiei.

La prima vedere pare că sîntem din nou obligaţi să admitem un număr mare de particule elementare calitativ deosebite, iar aceasta ar fi, în raport cu presupoziţiile fundamentale ale fizicii atomiste, extrem de nesatisfăcător. S-a constatat totuşi, prin experimentele ultimilor ani, că prin ciocniri particulele elementare se pot transforma unele în altele cu mari deplasări de energie. Cînd se ciocnesc două particule elementare avînd o mare energie cinetică, din aceasta se nasc particule elementare noi, particule iniţiale, şi energia lor se transformă într-o materie nouă. Această stare de lucruri poate fi cel mai simplu descrisă dacă se spune că toate particulele sînt alcătuite în esenţă din aceeaşi substanţă, că ele reprezintă numai diverse stări staţionare ale uneia şi aceleiaşi materii. În acest fel, chiar şi numărul 3 al particulelor de bază va fi încă o dată redus la numărul 1. Există numai o materie omogenă, dar ea se poate manifesta în aceste stări staţionare discrete. Unele dintre aceste stări sînt stabile

— protonul, neutronul și electronul —, iar multe altele sînt nestabile.

Deși pe baza rezultatelor experimentale ale anilor trecuți nu ne mai putem îndoi că fizica atomică se va dezvolta în această direcție, pînă acum nu s-a reușit totuși să se formuleze matematic legitățile care guvernează formarea particulelor elementare. Aceasta este tocmai problema la care lucrează în acest moment fizicienii atomiști, atît experimental, descoperind noi particule și cercetîndu-le proprietățile, cît și teoretic, străduindu-se să stabilească legile raporturilor dintre proprietățile particulelor materiale și să le formuleze matematic.

În aceste încercări au apărut anumite dificultăți referitoare la conceptul de timp, despre care am vorbit mai înainte. Cînd ne ocupăm de ciocnirile particulelor elementare cu cea mai înaltă energie, trebuie să ținem seama de structura spațio-temporală a teoriei speciale a relativității. În teoria cuantică a învelișului atomului, această structură spațio-temporală nu juca un rol foarte important, deoarece acești electroni se mișcă relativ încet. Acum însă avem de-a face cu particule elementare a căror viteză se apropie de viteza luminii ; comportarea lor nu poate fi deci descrisă decît cu ajutorul teoriei relativității. Einstein a descoperit acum 50 de ani că structura spațiului și a timpului nu este atît de simplă pe cît ne-o reprezentăm noi în viața cotidiană. Dacă desemnăm ca trecute toate acele evenimente despre care noi, cel puțin în principiu, am putea afla ceva și ca viitoare toate evenimentele asupra cărora, cel puțin în principiu, am mai putea acționa, atunci corespunde reprezentărilor noastre naive să credem că între aceste două grupe de evenimente se află numai un moment infinit de mic, pe care l-am putea numi punctul temporal al prezentului. Această reprezentare a fost pusă și de Newton la baza mecanicii sale.

De la descoperirea lui Einstein, din 1905, știm

însă că între ceea ce am numit mai sus viitor și prezent se află un interval temporal finit, a cărui întindere în timp depinde de distanța spațială care separă evenimentele de observator. Domeniul prezentului nu mai este astfel restrîns la un moment al timpului infinit de scurt. Teoria relativității acceptă că în principiu acțiunile nu se pot propaga mai repede decît lumina. Tocmai această trăsătură a teoriei relativității a dus, în conexiune cu relațiile de nedeterminare ale teoriei cuantice, la dificultăți. După teoria relativității, acțiunile se pot propaga numai în interiorul domeniului spațio-temporal strict delimitat de așa-numitul con de lumină, adică de acele puncte ale spațiului-timp care pot fi atinse de unda de lumină care pleacă dintr-un centru de acțiune. Acest domeniu spațio-temporal este, și aceasta trebuie accentuat în mod deosebit, strict delimitat. Pe de altă parte, în teoria cuantică s-a dovedit că o stabilire strictă a poziției, și astfel și o delimitare spațială precisă, are drept consecință o indeterminare infinită a vitezei și cu aceasta a impulsului și a energiei. Această situație ne arată practic că, în încercarea de a formula matematic acțiunile reciproce ale particulelor elementare, apar întotdeauna unele valori infinite ale energiei și impulsului care împiedică o formulare matematică satisfăcătoare.

Aceste dificultăți au constituit în ultimii ani obiectul multor cercetări. Nu s-a reușit însă să se ajungă la o soluție pe deplin satisfăcătoare. Singurul ajutor pare a fi, deocamdată, ipoteza că în domenii spațio-temporale extrem de mici, deci de scara de mărime a particulelor elementare, spațiul, timpul au o imprecizie specială, astfel încît în asemenea mici intervale temporale conceptele înseși de mai devreme sau mai tîrziu nu mai pot fi definite. La scară mare, natural, nu se va putea schimba nimic din structura spațio-temporală, dar va trebui să luăm în considerare posibilitatea ca experimentele

asupra proceselor ce se desfăşoară în domenii spaţio-temporale extrem de mici să ne poată arăta că unele dintre aceste procese se desfăşoară aparent în sensul invers aceluia care co respunde ordinii lor cauzale.

În acest fel, cele mai noi dezvoltări ale fizicii atomice se află din nou într-o conexiune nemijlocită cu legea cauzalităţii. Deocamdată nu este posibil să se spună dacă vor apărea încă o dată noi paradoxe, noi abateri de la legea cauzală. S-ar putea ca încercarea de a se formula matematic legile particulelor elementare să producă noi posibilităţi pentru a se depăşi dificultăţile amintite. Dar se poate afirma fără nici o îndoială încă de acum că dezvoltările noi ale fizicii atomice vor ridica noi probleme filozofice. Răspunsul definitiv la toate întrebările formulate mai sus va putea fi dat numai după ce se va reuşi să se formuleze matematic legile naturii din domeniul particulelor elementare, numai atunci cînd vom şti, de exemplu, de ce protonul este exact de 1 836 de ori mai greu decît electronul.

Din acestea se poate înţelege că fizica atomică s-a îndepărtat din ce în ce mai mult de reprezentările determinismului. Mai întîi, încă de la începutul teoriei atomului prin aceea că legile determinante pentru procesele la scară mare au fost concepute ca legi statistice. Pe atunci, principial, determinismul a fost păstrat, dar practic se lua în considerare caracterul incomplet al cunoaşterii noastre asupra sistemelor fizice. După aceea, în prima jumătate a secolului nostru, prin aceea că s-a recunoscut ca o parte componentă principială a teoriei caracterul incomplet al cunoaşterii sistemelor fizice. În fine, în ultimii ani, prin aceea că pentru domeniile spaţio-temporale infinitezimale conceptul de ordine temporală pare că a devenit problematic, deşi nu am putea spune acum în ce fel se vor rezolva aceste enigme.

DISCURS FESTIV LA A 800-A ANIVERSARE A ORAȘULUI MÜNCHEN (1958) *

Sărbătorim astăzi a 800-a aniversare a existenței orașului München. După părerea mea, este păcat că felicitările în această adunare sărbătorească le exprimă un om de știință. Căci atunci cînd se pronunță numele Münchenului cine se gîndește la prozaismul științelor naturii? La acest nume ni se trezesc în minte alte imagini : Ludwigstrasse de la Siegestor pînă la Feldherrnhalle scăldată în lumina soarelui, vederea de la Monopteros pînă la Frauenkirche pe deasupra pajiștilor pline de flori din Englischer Garten, *Nunta lui Figaro* în Residenztheater, picturile lui Dürer de la Pinacotecă, trenul plin de schiori spre Schliersee și Bayrischzell, în fine hala cu bere de pe pajiști la Oktoberfest, încoronată cu leii bavarezi. Acestea toate sînt Münchenul. Ce au însă ele de-a face cu științele naturii ?

Aici însă o altă idee se impune cu hotărîre. 800 de ani nu este o vîrstă pentru un oraș, și Münchenul, în special, este un oraș tînăr. Unii consideră că el ar fi fost întemeiat cu aproximativ 100 de ani în urmă, în orice caz ca orașul însorit al artelor, atît de iubit de toți. La ziua de naștere a unui sărbătorit atît de tînăr se cuvine să ne gîndim în primul rînd la prezent și viitor și numai în al doilea rînd la trecut ; deci mai întîi

* Discurs ținut la 14 iunie 1958 în München. Apărut inițial în *Münchener Zeitungsverlag*, München, 1958.

la imaginea pe care ne-o oferă astăzi orașul, la speranțele și dorințele cu care însoțim drumul lui viitor. Prezentul și viitorul însă, așa se spune în general, sînt determinate prin științele naturii și tehnică. În aceasta s-ar putea să fie ceva adevărat; dacă azi Münchenul este un oraș de 1 000 000 de locuitori, în care circulația vîjîie pe străzi ca un torent cumplit, aceasta este fără îndoială consecința sîrguinței tehnice a locuitorilor lui. Să încercăm mai întîi să uităm pentru scurt timp imaginea îndrăgită a trecutului și să privim orașul așa cum se prezintă el astăzi. Dacă ne apropiem de oraș din nord — să ne gîndim la acele zile clare cu föhn, care aduc munții mai aproape de oraș —, atunci pe fundalul acesta atît de cunoscut, pe lîngă vechile simboluri, în silueta orașului apar noi forme: clădiri administrative înalte, care subliniază caracterul de capitală al Münchenului, blocuri de locuințe moderne ce se înalță ca niște turnuri spre cer, construcții industriale în stil mare, stînd mărturie pentru bunăstarea și străduința celor care activează în ele. Chiar și această primă imagine îi prezintă celui care cunoștea vechiul oraș un nou München; o metropolă și un oraș industrial transformat de spiritul epocii noastre. În timp ce parcurgem pe autostradă ultimii kilometri ai cîmpiei întinse care desparte Hügellandul la Amper de oraș, vedem în stînga cupola de aluminiu a reactorului atomic de la Garching, construit de Universitatea tehnică și intrat în acest an în funcțiune. Această construcție exprimă într-o formă exterioară faptul că aici se merge pe urmele timpului nostru, că aici se va cerceta și se va studia într-unul dintre cele mai noi domenii ale științei. În oraș, unde și cele mai serioase lucruri sînt luate sub aspectul lor vesel, această construcție a primit de mult numele „Oul atomic". Acolo unde autostrada se varsă în suburbiile din nord, ia ființă, separată nu-

mai de Schwabinger Bach de primele grupuri de pomi din Englischer Garten, o altă construcție modernă, care va servi, de asemenea, cercetării atomului și care va fi integrată încă în toamna acestui an Institutului Max Planck pentru fizică și astrofizică. Aici se vor studia teoretic și experimental cele mai noi probleme ale fizicii nucleare și ale astroficizii. Se va încerca acolo aprofundarea legilor naturii care domină proprietățile și comportarea celor mai mici particule materiale. Ceea ce se va obține din studiul atomului va fi aplicat la înțelegerea proceselor cosmice ce se desfășoară la suprafața aștrilor și în spațiul interastral. Aceste cercetări pur științifice vor constitui punctul de plecare al aplicărilor tehnice ulterioare, fiind vorba de reacțiile termonucleare, care vor juca poate odată un rol hotărîtor în producerea energiei. Dacă se va reuși vreodată să se construiască pe această bază centrale electrice, acestea vor fi mult mai puțin periculoase decît uzinele atomice de pînă acum și ele vor folosi un combustibil mult mai ieftin. Noile ramuri ale fizicii nucleare pot deveni astfel și din punct de vedere economic foarte importante. Clădirea principală a noului institut este o modernă construcție din oțel și beton, asemănătoare multor clădiri administrative impozante din partea centrală a orașului, ale căror geamuri largi lasă să pătrundă întreaga lumină a soarelui. Dacă pornind de la institut ne lăsăm prinși de fluxul circulației și pătrundem în centrul orașului, vom întîlni în multe locuri aceste construcții moderne, cum ar fi pe Oskar-von-Miller-Ring sau în Maxburg, sau în alte locuri ale inelului care înconjură centrul orașului, iar fațadele lor de sticlă luminoase, largi, uneori poate întrucîtva cam severe, totuși prietenoase, par a fi modelate de un spirit optimist. Ele par să spună că trăim într-un timp luminos, sigur și deschis și că nimic, nici chiar un mic atac aerian nu s-ar mai putea produce.

În aceste construcţii e vizibilă şi o altă trăsătură a Münchenului, care nu e specifică doar oraşului de azi, ci era manifestă întotdeauna pentru vechiul München: legătura valorilor economice cu cele artistice. Aceste construcţii sînt ridicate de arhitecţi care pot construi şi frumos. În faţa clădirilor vechi ne-am bucurat întotdeauna că ele nu ne plac în mod nemijlocit doar prin proporţiile lor interne, ca o operă de artă, ci că ele par a se integra în mediul lor, ca şi cînd nu ar putea să stea nicăieri în altă parte. Această armonie a vechiului oraş a fost distrusă în multe locuri de război; însă şi noile construcţii se străduiesc să se includă în ambianţa oraşului, s-o întregească, astfel încît să se creeze, evident, un ritm al caracteristicilor străzii. Aceasta nu s-a realizat la fel de bine peste tot, dar gîndirea artistică ce s-a exprimat în drumurile largi ale regilor bavarezi, în Ludwigstrasse sau în Maximilianstrasse, se poate observa în multe locuri şi în Münchenul de astăzi.

O transformare radicală a adus totuşi epoca noastră, ca urmare a ştiinţelor naturii şi a tehnicii, pentru care deocamdată nu poate fi nimeni fericit; liniştea a dispărut cu totul de pe străzi. Prin multe dintre cele mai importante cartiere de circulaţie, maşinile răsună zi şi noapte. Clădirile dinspre centru au devenit practic imposibil de locuit. Din acest punct de vedere, oraşul nostru nu se prezintă mai bine decît alte oraşe mari. Dimpotrivă, bunăstarea relativ înaltă pe care extinderea industrială a Münchenului a produs-o se răsfrînge prin numărul de automobile în dezavantajul comodităţii de altădată. Dacă se încearcă în această privinţă să se prevadă ceva pentru viitor — şi va trebui să se vorbească despre viitorul oraşului nostru atît de tînăr —, ne putem gîndi la faptul că tehnica modernă, care a produs aceste dificultăţi realmente serioase, are la îndemînă — în perspectivă — şi mijloacele de redresare.

Ultimul război a accelerat doar o evoluție care s-ar fi realizat chiar și fără el : cartierele propriu-zise de locuit sînt scoase în afară, în întinsele pajiști verzi, în pădurile împrejurimilor, în timp ce orașul central va servi doar pentru comerț, administrație — în general pentru muncă. Dacă acest proces va continua, s-ar putea, ca urmare naturală, să se folosească mașinile numai pentru a ajunge de la periferie pînă la inelul central, această circulație concentrîndu-se pe cîteva mari artere, la capătul cărora mașinile ar putea fi preluate de garaje gigantice ; partea centrală a orașului ar trebui însă interzisă automobilelor, devenind accesibilă numai pietonilor, care să ajungă aici de la inelul central prin metrou. În unele orașe mari, o asemenea evoluție s-a produs deja ; evoluția ulterioară a tehnicii s-ar putea astfel să nu micșoreze circulația în München, ci s-o dirijeze pe căi mai liniștite și mai ordonate. Propunerile în acest sens nu sînt însă — din fericire — de competența unui cercetător al naturii, ci a acelora care planifică circulația, cărora Münchenul nu le pune azi o sarcină prea ușoară.

Dacă considerăm evoluția din acest domeniu în anii ce au urmat războiului, avem impresia că aici s-a produs o creștere probabil prea rapidă, că expansiunea economică cu totul neobișnuită de după război a obligat în multe locuri la soluții de urgență, care nu ar trebui să rămînă soluții definitive. Aici intrăm în discutarea următoarei probleme : în ce măsură noul din imaginea orașului, despre care s-a vorbit deja, trebuie să se conformeze doar propriilor lui legi și în ce măsură el trebuie să reprezinte doar o prelungire naturală a trecutului, o continuare a tradițiilor ? Este noul München, despre care am vorbit pînă acum, același oraș cu cel vechi ? Am putea constata mai întîi că noul München, cu extinderea comerțului și a producției meșteșugărești, în multe locuri s-a legat natural, prin situația sa geografică, de

vechile tradiţii, care au determinat configuraţia oraşului înainte ca regii cu simţ artistic ai oraşului să-şi fi pus pecetea lor deosebită. Faptul că de secole în München este familiar comerţul cu lemn este o consecinţă naturală a aşezării lui la poalele Alpilor. Producerea de bere a fost legată mereu de întinsele culturi de hamei din părţile din sudul Dunării ale Oberbayernului. Chiar şi meseriile artistice au fost timpuriu reprezentate în special prin giuvaergerie, turnarea bronzului, pictura pe sticlă: tipografiile şi tehnicile de reproducere jucau încă la începutul secolului al XIX-lea un rol important. Prima locomotivă a fost construită în 1841, iar descoperirile ştiinţifice şi progresele tehnice ale lui Fraunhofer şi mai tîrziu ale lui Steinheil au creat de peste 100 de ani bazele unei industrii optice. Lipsa de materii prime industriale a contribuit mult la faptul că dezvoltarea economică i-a dat oraşului München o altă înfăţişare şi o altă evoluţie decît în marile centre economice ale regiunii Ruhrului. Această lipsă a condus pe de o parte la faptul că iniţial centrul de greutate a căzut pe comerţ, apoi pe industria prelucrătoare, iar pe de altă parte ea a produs de la început un alt climat economic. Tendinţa pură după cîştig a fost puţin caracteristică Münchenului. Cîştigul servea dobîndirii unei bucurii de viaţă confortabilă, iar bogăţia, aşa cum se spune într-un document, apărea „pe străzi în veşminte burgheze". Însemnătatea economică a industriei prelucrătoare a fost poate primul temei al interesului pe care l-a purtat oraşul în secolul trecut dezvoltării ştiinţelor naturii.

A durat însă o perioadă de timp pînă cînd acest interes s-a impus realmente. Lucrările lui Fraunhofer, de exemplu, au rămas la început aproape neobservate. Dar cu venirea la München a aşa-numiţilor „nordici", în special cu chemarea lui Justus von Liebig de către regele Maximilian al II-lea, s-a spart gheaţa. Numele

și influența lui Liebig au fost suficiente pentru a întemeia la München un centru important al cercetării chimice, care a avut mulți ani o influență foarte puternică asupra științei și tehnicii. Sinteza indigoului, descoperită în 1883 de Adolph von Bayer, a reprezentat punctul de plecare pentru întreaga industrie germană a coloranților. După Adolph von Bayer, școlile superioare münchenеze s-au distins printr-o serie de nume strălucite : Willstätter, Wieland, Hans Fischer și mulți alții, martori ai vitalității spirituale a acestui centru. Prin aceasta știința a pătruns în München ; și este caracteristic pentru acea vreme faptul că avîntul științelor a fost de la început într-o corelație nemijlocită cu progresul economic, cu îmbunătățirea condițiilor de viață. Credința în progres, care ne apare nouă astăzi cam romantică, a cuprins viața spirituală a Münchenului ; sub influența structurilor spirituale noi, orașul nostru a căpătat o culoare deosebită, care i-a rămas caracteristică.

Cea mai puternică și permanentă expresie și-a găsit-o acest gen münchenez specific al credinței în progres în Muzeul German, opera vieții unuia dintre cei mai puternici modelatori ai orașului nostru, Oskar von Miller. Muzeul German își datorează apariția unui ciudat amestec al unor tendințe de un gen complet deosebit. Mai întîi el trebuia să trezească interesul pentru progresul tehnicii, iar această sarcină el și-a îndeplinit-o în rîndurile tineretului cu un deosebit succes. Ce tînăr nu s-a jucat entuziasmat măcar o dată cu diferitele modele de mașini — nu întotdeauna spre bucuria paznicilor muzeului. După aceea muzeul intenționează să ne facă inteligibil acest progres al tehnicii prin aceea că ne prezintă dezvoltarea istorică și încurajează pe vizitatori să se ocupe ei înșiși cu aparatele sau chiar să încerce îmbunătățirea lor. În fine, el s-a angrenat în contradicția dintre om și tehnică, devenită de-abia în timpul nostru pe deplin conștientă. Cînd a început extinderea mașinismu-

lui, la mijlocul secolului al XIX-lea, inițial le-a apărut numai unor oameni singulari, în special artiștilor, pictorilor și poeților, ca o pătrundere a unor forțe periculoase, demonice în viața umană. Unii au așteptat viitorul cu groază, alții au încercat să întîmpine încrezători dezvoltarea viitoare, să-i cîștige aspecte din cele mai bune. Ne-am putea aminti în această privință de dialogul poetic dintre Gottfried Keller, în a cărui operă *Heinrich cel Verde* și-a găsit o oglindire durabilă Münchenul din acel timp, și romanticul șvab Justinus Kerner, care într-un poem plîngea amar distrugerea naturii prin tehnică. Keller i-a răspuns într-o formă similară, scriind despre mașinile cu abur :

Le văd cum pufăie strălucitor în focul
oțelului, brăzdînd sclipitor sat și oraș,
și-n sufletul omului se-aprinde dorul
de-a înflori și de-a cînta.

Și dacă peste ani, o sută poate,
din înălțimi de auroră ar fi să vie
o navă cosmică cu vin grecesc și poame
cine cîrmaci n-ar vrea să-i fie ? *

Dar numai cu un asemenea optimism nu se poate domina problema. Muzeul German încearcă, poate doar inconștient, să intervină în acest sens prin aceea că aduce în prim plan tocmai latura omenească a evoluției tehnicii. Tehnica — aventură spirituală a oamenilor : în acest punct se unește tehnica cu arta, și, poate tocmai de aceea, acest răspuns sau această încercare de a da un răspuns corespunde spiritului orașului artistic de pe Isar. Sarcina unirii artei cu tehnica, mai mult chiar decît a sintezei artei cu știința, a rămas mereu vie în tot timpul ultimilor o sută de ani. De aceea a și existat un schimb spiritual activ între Școala tehnică superioară și Academia de arte. Nume-

* Traducerea versurilor din volum este făcută de Liane Corciu.

roase sarcini comune au apărut în special în domeniul arhitecturii, de exemplu în modelarea artistică a imaginii modificate de tehnică a oraşului. Se poate spune realmente cu o anumită îndreptăţire că oraşul München s-a străduit mai mult ca oricare alt oraş industrial al lumii să forţeze latura umană a tehnicii, acele aspecte prin care tehnica se întîlneşte cu arta. Astfel, un element al spiritualităţii acestui oraş l-a reprezentat şi seria de conferinţe asupra locului artei în era tehnicii desfăşurate cu cîţiva ani în urmă în Şcoala tehnică superioară şi urmărite o săptămînă întreagă de mai multe mii de tineri în amfiteatrele supraaglomerate.

Şi viaţa ştiinţifică din cadrul Universităţii München a fost de la început marcată de relaţia faţă de artă şi faţă de forţele care izvorăsc din inima omului. Viaţa academică se deosebea aici într-o manieră greu de descris de cea din alte universităţi germane. În momentul în care cea mai veche universitate bavareză a fost transplantată aici, în 1826, de la Ingolstadt a părut îndoielnic, la început, că ea ar putea rodi pe acest pămînt, iniţial străin ştiinţelor exacte. Şi chiar atunci cînd de rodnicia acestui transplant nu se mai putea îndoi nimeni, în special după chemarea de către Maximilian al II-lea a „nordicilor", universitatea rămînea totuşi oarecum în umbra artei ; căci atunci cînd tinerii veneau să studieze la München, ei erau atraşi în primul rînd de splendoarea şi deschiderea oraşului artelor, de Richard Wagner şi de regele său romantic, ca şi de frumuseţea peisajului şi vecinătatea munţilor şi numai în al doilea rînd veneau pentru ştiinţele exacte. Însă viaţa ştiinţifică a Münchenului a primit puternice impulsuri din această vecinătate a artelor, din această vitalitate a spiritului münchenez. Ne-am putea aminti doar de numele lui Schelling, Thiersch, Riehl, iar în vremea de mai tîrziu de acelea ale istoricului de artă Wölfflin, romanistului Vossler. La fel de vizibilă este co-

relația cu științele istorice, care au fost reprezentate în Universitatea München de o serie de savanți de mare valoare. Numai cîteva nume : Sybel, Heigel, Riezler și Oncken. Înșiși oamenii de știință și medicii aduși la München de Maximilian al II-lea, fost student la Göttingen, au putut să desfășoare mai tîrziu o largă activitate academică, căreia i-a fost propice atmosfera vie a orașului. Despre Justus von Liebig, care a făcut din München un centru al cercetării chimice, a fost deja vorba. Fizicienii Ohm și Steinheil au întemeiat o tradiție științifică, întărită apoi de savanți de renume mondial, cum au fost Roentgen, Planck, Boltzmann, Wien, Sommerfeld. În medicină Münchenul ocupa decenii la rînd un loc de primă importanță. Două minți strălucitoare ale vremii de mai tîrziu au devenit cunoscute dincolo de granițele disciplinei : internistul Friedrich von Müller și chirurgul plin de temperament Sauerbruch. Cu aceasta aș dori să închei lista numelor strălucite, care ar putea fi mult continuată. Dacă alte universități au devenit renumite ca centre ale unei solide cercetări de strictă specialitate sau ca puncte de plecare ale unor linii noi în evoluția cercetării, știința s-a distins în München în primul rînd prin vivacitatea și caracterul ei nemijlocit uman, care a rodit uimitor de bine pe terenul unei mentalități foarte conservatoare, înrădăcinate în catolicismul populației autohtone. Bucuria meditativă a bisericilor baroce bavareze își afla — pentru a spune astfel — contrapartea laică în bucuria, s-ar putea zice chiar limpezimea muncii științifice din școlile superioare, ambele depinzînd într-un fel oarecare de lumina care inundă în zilele cu soare cîmpiile și lanțurile de munți ale Bavariei de sud. Această uniune cu Landul și cu munții acționa pînă și asupra vieții din institute și seminarii. De exemplu, atunci cînd profesorul meu Sommerfeld a plecat cu cîțiva dintre fizicienii săi tineri la cabana de ski din Sudelfeld a institutului, pentru a

îmbina acolo skiul cu discuţiile ştiinţifice, sau atunci cînd camera superioară a turnului impozant al Institutului de fizică a fost declarată cu ocazia unui fasching cabană de ski şi s-a impus alpiniştilor să ajungă la ea numai prin exteriorul clădirii. Deoarece a venit vorba despre fasching şi ski : vieţii din Universitatea München nu i-a fost caracteristică separarea de viaţa generală, ci s-a căutat unitatea cu această societate. La tineri se poate realiza aceasta în primul rînd prin ski şi faschinguri, iar în cazul celor mai în vîrstă diferite cercuri şi societăţi au grijă, fără multe forme exterioare, ca legătura dintre viaţa ştiinţifică şi artistică a oraşului şi aceia care poartă răspunderea faţă de soarta lui să rămînă cît mai strînsă posibil.

Aici trebuie să ne gîndim la un element al vieţii oraşului nostru, care a atras într-o măsură deosebit de mare interesul vizitatorilor lui. Acea parte a oraşului atît de discutată — Schwabingul — care se întinde la sud pînă la Academia de arte şi universităţi, iar în nord pînă la unităţile industriale din Freimann, este considerată patria artiştilor, a literaţilor şi utopiştilor. Peste tot se pot urmări încă influenţele acestei vieţi artistice, pe care o cunoaştem din *Heinrich cel Verde* de Gottfried Keller, ale protestelor contra filistinismului, ale poeţilor şi ale cercurilor lor : Ibsen, Wedeking, Stefan George, ale îndrăznelii înnoitorilor picturii: Kandinsky, Franz Marc şi Macke ; această activitate nu a supravieţuit însă decît parţial distrugerilor celui de-al doilea război mondial. Uneori ferestrele atelierelor de la mansarda vechilor locuinţe de închiriat trădează şi azi faptul că în Schwabing se mai pictează, dar în noile blocuri moderne de locuit atelierele au devenit extrem de rare. Se mai încearcă în unele mici restaurante, vechi şi noi, să se continue tradiţia vechilor bodegi artistice şi să adune ceea ce a mai rămas aici din boemă. Dar

adesea nu se reușește, iar de multe ori se strecoară în atmosfera Schwabingului și cîte un condamnabil foc din Broadway-ul newyorkez. În ciuda acestora, Schwabingul va juca un rol hotărîtor și în Münchenul viitorului, despre care azi trebuie să vorbim în primul rînd ; căci el întruchipează o componentă a vieții spirituale a orașului fără de care Münchenul nu ar mai putea fi orașul atît de iubit. El întruchipează, la fel ca și în secolul trecut, spiritul de toleranță. Meșteșugarii sau funcționarii de administrație din Schwabing care închiriau locuințele lor pictorilor sau literaților știau foarte bine ceea ce doreau. Ei erau oameni care stăteau cu ambele picioare solid pe pămîntul lor münchenez și nu aveau o prea mare simpatie pentru nou. Dar dintr-un amestec de curiozitate, mirare, dispreț și un cuantum considerabil de prietenie naturală permiteau și o existență de alt gen. Ei nu luau noul prea în serios, adesea mai cădea și un cuvînt grosolan, dar care nici el nu era serios înțeles, dar ei îi ofereau noului spațiul de care acesta avea nevoie. Astfel au putut trăi în Schwabing nu numai artiștii, ci și fanaticii și utopiștii. Aceștia erau ironizați, dar adesea cu un rîs prietenos, nepericulos. Cînd în Schwabing se spunea despre un om „aiurează", aceasta nu însemna o respingere. Se spunea cu prietenie, iar a fantaza era într-o anumită măsură o formă de viață recunoscută în Schwabing. Și în Schwabingul de astăzi este viu acest spirit de toleranță. El se răsfrînge asupra universităților și Academiei de arte, formînd o contrapondere la atitudinea fundamentală conservatoare a vechiului München.

Așa cum mobilitatea spirituală și simțul pentru tot ceea ce reprezintă noul al artiștilor din Schwabing au inspirat și îmbogățit viața universitară și a întregului oraș, tot astfel această reciprocă toleranță a Schwabingului a determinat caracterul conciliant al întregului oraș, creîndu-se astfel condițiile unei colaborări armo-

nioase a tuturor forţelor. Desigur, Schwabingul era mai mult decît vioi şi tolerant. Aceluia care a trăit acolo la începutul deceniului al treilea i-a rămas, desigur, în minte ca locul exuberantului entuziasm tineresc şi al bucuriei de viaţă, pătruns de poezie şi muzică, purtat de tăria unor oameni neobişnuiţi, care puteau şi aici să vrăjească tineretul. Dar asemenea ani sînt vremi de sărbătoare, care nu pot să dureze. Ceea ce am putea să sperăm este ca şi în viitor Schwabingul să rămînă fidel cutezanţei spirituale, deschis noului, fără a-l lua prea sever, deschis artei şi poeziei, fără prea mare solemnitate, să se poată transforma mereu, dar să-şi păstreze mereu libera cugetare şi toleranţa.

Turul Münchenului actual, al oraşului modern, cu care am început, ne-a condus pe nesimţite şi în trecut. Nu în toate cele opt secole, ale căror imagini ni le-a prezentat ieri seară acel cortegiu festiv, ci în timpul ale cărui urme le descoperim încă la fiecare pas în Münchenul de astăzi, acel trecut relativ tînăr, al cărui spirit se mai amestecă încă cu acela al epocii noastre, pentru a da naştere tocmai acestei imagini a oraşului care ne este atît de familiară.

Ce reprezintă de fapt esenţa acestui oraş? Desigur, fundamentul acestei fiinţe extrem de diverse îl reprezintă mereu spiritul catolic conservativ al acestei populaţii autohtone, în ciuda prezenţei atîtor germani din alte regiuni ale fostului Reich care şi-au găsit aici adăpost şi lucru. Acest neam solid, sănătos al vechii Bavarii, care a modelat singur multe secole de-a rîndul acest oraş, îi determină şi astăzi caracterul său de bază. Iar atunci cînd acei vizitatori novici ai săi cred că bavarezul reprezintă sinteza amabilităţii prusianului cu exactitatea şi punctualitatea austriacului, atunci n-am putea să-i dorim acestui neam altceva decît ceea ce este el. În el vibrează simţul pentru tot ceea ce este muzical. Aceasta o dovedesc meseriile artistice răspîndite peste întregul Oberbayern,

muzica populară, orgile bisericilor ; bucuria pentru lumină, pentru splendoarea exterioară, pentru care ne sînt martori atîtea splendide biserici în stil baroc. Plăcerea pentru frumos include și pe aceea pentru teatru, pentru jocuri și sărbători ; fastul culorilor unui cortegiu vînătoresc dintr-un sat de munte poate părea o pregătire pentru marile și bogatele serbări din capitală. Ludwig al II-lea, care în nopțile de iarnă trecea în trăsuri fastuoase iluminate de făclii prin satele din Oberbayern, era regele țăranilor. Castelele lui erau castele din basme, și tocmai de aceea și-a iubit regele său acest popor admirator de basme.

Asprimea a contribuit însă pe de altă parte ca vechiul să se modifice nu prea mult, ca nimic fals să nu se poată strecura aici. Bavarezul insistă asupra vechiului său drept, dar cînd acesta pare a fi asigurat el este foarte repede pregătit pentru conciliere. Divergențele de opinie, atunci cînd realmente se ivesc, sînt mai degrabă decise cu o bere decît cu cuțitul. În viața orașului, plăcerea pentru distracția zgomotoasă, pentru veselia grosolană și-a găsit locul în acel Oktoberfest, care se desfășoară anual în septembrie. Și în viitorul München această serbare, ca și faschingul vor reprezenta — pentru multă vreme — momente stricte ale scurgerii anului.

Tendința spre conservarea vechilor valori determină în cele din urmă și viața politică a orașului nostru, chiar dacă nu întotdeauna lucrul acesta este vizibil ; chiar și atunci cînd adunările, care se țin cu predilecție, natural, în berăriile müncheneze, devin punctul de plecare al unor izbucniri temperamentale. Münchenul este un oraș în mișcare, aceasta este cea mai importantă și cea mai bună însușire a sa. Dar — și orașelor li se întîmplă adesea ceea ce se întîmplă și oamenilor — calitățile sînt în același timp slăbiciunile și viciile lor. Dintr-un oraș în mișcare s-a născut odată un „oraș

al mișcării". Dar cine ar dori să vorbească la aniversarea nașterii cuiva tocmai despre slăbiciunile lui! Trecutul ne poate preveni să ne gîndim la faptul că chiar un oraș înfloritor ar putea fi foarte rapid distrus prin iraționea politică. Dar pericolele vin astăzi din părți extrem de îndepărtate ale globului, nu din München. Să nu fim deci prea îngrijorați astăzi pentru viitorul Münchenului. Și în Münchenul viitor vor exista forțe puternice, care vor putea păstra trecutul valoros, acolo unde acesta se poate conserva.

Pe aceste baze ale unui caracter conservativ se așază acum acel strat al mobilității spirituale, al cărei reprezentant este considerat de obicei Schwabingul. Această mobilitate spirituală provine într-o măsură considerabilă din nord. Acei „nordici" chemați de Ludwig I și Maximilian al II-lea au influențat realmente într-o mare măsură viața spirituală a orașului, și chiar pînă de curînd, adesea, „călătorii" germani din alte provincii sau chiar străinii au fost aceia care au incitat viața culturală a Münchenului. Acest fapt este la fel de valabil pentru artă ca și pentru știință. Trăsătura caracteristică pentru climatul spiritual al Münchenului constă însă în aceea că cele două straturi s-au unit unul cu altul. Interesele intelectuale noi, care s-au infiltrat în München din nord sau din regiuni mai îndepărtate ale Europei, au găsit aici un teren rodnic, s-au putut extinde și desfășura într-o manieră aproape neașteptată. Iar bavarezii care trăiesc aici au găsit noul, pe care în primul moment l-au negat ca străin, totuși atît de interesant și seducător încît au apărut mai tîrziu importante talente autohtone, care le-au echivalat pe acelea ale „nordicilor" și au întreprins împreună cu acestea aventura pătrunderii în domenii spirituale noi. Astfel, rusul Kandinsky a descoperit în München noi posibilități ale picturii, dar încă Franz Marc — născut în München — colaborase la noua direcție a artei și a

dus-o mai departe. Această legătură a ambelor straturi, conservatorismul bavarez cu dinamismul captivant al Schwabingului, care a produs atît de multe în München, nu a fost posibilă decît prin aceea că purtătorii noului s-au contopit cu stilul de viaţă bavarez. Ei şi-au adus mulţumirile pentru atitudinea profund tolerantă şi prietenească a Bavariei, la a cărei viaţă au încercat cu bucurie să ia parte în întregime şi fără reţineri. Astfel, din tolerarea reciprocă au crescut atenţia şi prietenia reciprocă, care au avut urmări atît de valoroase. Poate ceea ce s-a reuşit aici, în München, ar trebui să reprezinte un exemplu pentru ceea ce ar trebui să se realizeze în vremea noastră în domenii mult mai largi în Europa şi în lumea întreagă. Multe lucruri deosebite se nasc din încercarea de a trăi împreună cu intenţii bune, în ciuda deosebirilor care par la început atît de neconciliabile, şi, probabil, tocmai prin conlucrarea unor asemenea forţe diferite se poate produce ceva nou. Dar să revenim la München. Viaţa oamenilor de artă am cunoscut-o, pe cînd creşteam ca tînăr în München, numai într-un cerc restrîns. Dar ca student al universităţii am putut lua parte la viaţa ştiinţifică, şi din acea vreme — începutul deceniului al treilea — mi-a rămas cel mai clar în minte cît de adînc se integra viaţa din universitate — şi aceea a profesorilor adesea veniţi din nord — în Münchenul propriu-zis prin contactul cu viaţa adevăraţilor münchenezi. Aceşti profesori nu trăiau în turnul de fildeş, ci trăiau ca münchenezi printre concetăţenii lor. De exemplu, pentru profesorul meu Sommerfeld, care, la fel cu pictorul Corinth, provenea din Prusia Orientală, devenise demult o obişnuinţă ca înaintea colocviilor de fizică să stea împreună cu fizicienii mai tineri sau mai în vîrstă în Hofgarten şi să bea cafea, la fel ca alţi münchenezi. Acolo se discutau problemele matematice şi fizice care stăteau pe atunci în centrul interesului, iar adesea mesele

de marmură — pe care se servea cafeaua — se acopereau de lungi formule matematice. Mi s-a povestit atunci că, odată, Sommerfeld a trebuit să-și întrerupă calculul unei integrale complicate pe masa de marmură întrucît rămăseseră doar cîteva minute pînă la începerea colocviului de la universitate. Cînd, peste cîteva zile, Sommerfeld a băut din nou cafea cu elevii lui — întîmplător la aceeași masă — calculul său cu integrala mai era încă acolo, însă dedesubt era scrisă în cîteva rînduri soluția. Între timp își băuse la aceeași masă cafeaua un alt matematician al universității — cred că Herglotz trebuia să fie — care își petrecuse timpul rezolvînd acea integrală. În aceeași manieră ar trebui și în viitor să se facă știința în München. Cînd, cu cîteva luni în urmă, a fost deschis reactorul atomic al Universității tehnice la Garching, nu s-au adunat doar demnitarii landului, ai orașului și ai universității. Dimpotrivă, a fost o sărbătoare populară, la care au participat în întregime locuitorii Garchingului și la care s-au mîncat specialități bavareze, în prezența unei muzici cîntate de un grup în pantaloni de piele și cu bărbi de capră neagră. Astfel va trebui să fie și în viitor ; chiar dacă, în locul comerțului și al meseriilor vechilor vremuri, a apărut cea mai modernă tehnică, uzinele atomice și reactorii, și chiar dacă — ceea ce nu sperăm — problemele de circulație din München vor trebui rezolvate cu ajutorul rachetelor.

Ne-am putea teme că într-o viață culturală în care sociabilitatea veselă joacă un rol atît de important ar rămîne prea puțin spațiu pentru munca spirituală propriu-zisă, pentru concentrarea superioară, necesară atît în artă cît și în știință — pentru a produce ceva nou. Agitația timpului nostru nu se oprește în fața porților Münchenului. Ea amenință aici, ca și în toate celelalte mari orașe ale lumii, liniștea și singurătatea cabinetului de studiu, în care oamenii se luptă realmente cu problemele. Totuși

acela care cunoaște exact viața spirituală a orașului va ști nu numai din ceea ce s-a realizat că asemenea singurătate există, că aici adevărata liniște a muncii s-a găsit mereu. Adesea nu este însă singurătatea cabinetului de lucru, ci aceea a unui grup de pomi de pe dealurile de morene subalpine sau aceea a unui loc de baie la unul dintre lacuri. O singurătate în care trebuie să ne retragem dintre oameni, dar să ne păstrăm întregul contact cu natura și cu secretele acesteia, cu toată frumusețea țării din jurul Münchenului. De aceea, știința și arta au păstrat întotdeauna în München un element de romantism, iar acesta ar trebui să rămînă și în viitor. Chiar și cea mai abstractă pictură a primit totuși în München lumina și culoarea pajiștilor și a lacurilor acestei însorite țări subalpine. La fel, Arnold Sommerfeld, care era atît de familiarizat cu strictețea matematică a fizicii clasice, atunci cînd a dat peste raporturile noi și încă neelucidate ale teoriei cuantice s-a emoționat atît de mult de corelațiile secrete de numere întregi din experiențele asupra liniilor spectrale încît expunerile sale aminteau de exclamațiile imnice ale lui Kepler asupra armoniei sferelor. Chiar și atunci cînd criticii săi îi reproșau o mistică a cifrelor și fanatism, cînd despre el se spunea : „Sînteți numere întregi, mergeți la Sommerfeld", toate acestea nu-i puteau împiedica bucuria ; căci în München nu luăm niciodată lucrurile prea sever, deși le luăm întotdeauna în serios, iar la sfîrșit Sommerfeld a avut mult mai multă dreptate decît criticii săi. Chiar și biologia care se face aici cuprinde mereu acest element romantic ; fie că e vorba despre simțul de orientare al albinelor, fie de modul de comportare și psihologia animalelor superioare, de discuțiile cu rațele, gîștele și cîinii care sînt tratați în noul Institut Max Planck pentru fiziologia comportamentului de pe lacul Ess, între lacurile Starnberg și Ammer.

Din asemenea interacțiuni ale vechiului cu noul, ale tradiției cu inovația cutezătoare s-a născut Münchenul, acest oraș care se află nu numai în inima Europei, ci care și-a cucerit un loc și în inima tuturor europenilor. Nu trebuie să ne fie teamă pentru viitorul lui acum, la a 800-a aniversare. Acest oraș, păstrător al tradiției și credincios sieși, va rămîne permanent deschis tuturor înnoirilor, el va culege mereu roadele acelei toleranțe care a reprezentat aici virtutea cea mai de seamă, și chiar dacă noua sa imagine se va modifica mereu, dacă științele naturii și tehnica îi vor modela viața, totuși și atunci, într-un alt mod, toate vor rămîne neschimbate. Căci se va potrivi și Münchenului viitor ceea ce, odinioară, Stefan George scria poate un pic prea festiv despre Münchenul de altădată :

Ziduri unde năluci mai cutează să bîntuie,
Pămînturi încă nepătrunse de dubla otravă :
Tu, oraș al neamului și tinereții ! Patria o simțim
Abia acolo unde-s turnurile femeilor noastre.

LIMBAJ ȘI REALITATE ÎN FIZICA MODERNĂ *

S-a considerat multă vreme că problema limbajului joacă în științele naturii doar un rol subordonat. Sarcina științelor naturii este aceea de a observa natura în diferitele ei domenii cît mai exact posibil și, prin aceasta, de a-i înțelege acțiunea. Dificultățile cu care se luptă, de exemplu, fizicianul sau chimistul fie că se datorează insuficienței organelor sale de simț sau a aparaturii cu care se realizează observația, fie că sînt determinate de caracterul deosebit de complicat al raporturilor din natură, a căror ordine nu o înțelegem de la început. Părea însă întotdeauna că s-ar putea vorbi ușor despre rezultate odată ce acestea au fost obținute, ca și cînd limbajul însuși nu ar avea nevoie de o discuție specială. Desigur, în evoluția științelor s-a dovedit adesea util și chiar necesar să se introducă suplimentar în limbă cuvinte artificiale, cu ajutorul cărora se pot desemna mai ușor obiectele sau corelațiile necunoscute pînă acum. Un limbaj întregit în acest fel părea în general suficient pentru a se descrie raporturile naturale descoperite.

Situația s-a modificat însă radical, în această privință, odată cu descoperirile experimentale ale deceniilor trecute din fizica modernă, a că-

* Conferință ținută în cadrul sesiunii Academiei bavareze de arte frumoase în 1960. Apărută inițial în : Werner Heisenberg, *Physik und Philosophie*, Stuttgart, S. Hirzel Verlag, 1960.

ror analiză teoretică s-a realizat prin teoria relativității și teoria cuantică, descoperiri care au condus la revizuirea fundamentelor fizicii. Chiar și discuțiile pasionate purtate asupra anumitor probleme principiale ale acestor teorii și care pătrund adînc în domeniul filozofiei dovedesc că modalitatea de a vorbi despre domeniile nou cercetate ale naturii a devenit problematică. Lucrul acesta nu ar trebui să ne mire dacă ne gîndim la faptul că limba noastră naturală s-a format pe baza experienței lumii perceptibile direct senzorial, pe cînd științele moderne ale naturii pătrund, cu ajutorul unei tehnici foarte evoluate, cu aparate extrem de fine și complicate, în regiuni ale lumii inaccesibile simțurilor umane. Nu ne putem aștepta ca în aceste domenii noi să se mențină limba obișnuită, și de aceea fizicianul modern este obligat să reflecteze în același timp asupra conexiunilor naturii pe care vrea să le înțeleagă și asupra limbii în care va putea vorbi despre aceste conexiuni.

Această reflecție asupra limbajului poate începe cu cîteva constatări simple, pe care ni le oferă mai ușor științele spiritului decît științele naturii. În copilărie noi învățăm cuvintele nu prin aceea că ele ne sînt explicate, ci prin faptul că le folosim. Cuvintele reprezintă într-o anumită măsură instrumente pentru a ne adapta mediului, pentru a intra în contact cu el, și care se pot dovedi, prin folosirea lor, mai mult sau mai puțin corespunzătoare. Dacă am auzit un cuvînt de un număr suficient de ori și l-am folosit noi înșine, credem că știm ce înțeles are. Desigur, în folosirea acestor instrumente lingvistice pot să apară mai tîrziu dificultăți ; observăm, de exemplu, că un cuvînt nu se potrivește exact sau că nu știm ce anume înseamnă el într-un context special. De aceea îl considerăm ca fiind neclar sau admitem că în decursul timpului el a avut mai multe semnificații diferite. Astfel, într-o excursie vorbim

— pentru a lua un exemplu oarecare — despre un lac, pe cînd cel care ne întovărăşeşte crede că este vorba despre o baltă. Găsim că o cameră este caldă, pe cînd un altul, care tocmai intră în ea de pe o stradă bătută de soare, se bucură de răcoarea ei. În germană folosim cuvîntul „entleihen" (a împrumuta, a da cu împrumut) şi vom constata, dacă învăţăm engleza, că, spre uimirea noastră, aici există două cuvinte diferite, şi anume „to borrow" şi „to lend", care desemnează acelaşi eveniment, o dată din partea celui care primeşte, altă dată a celui care oferă. Sau cuvintele „roşu" şi „verde" sînt folosite şi de daltonişti, deşi ei corelează aceşti termeni cu aceeaşi impresie senzorială. Numărul unor asemenea exemple poate fi înmulţit oricît.

Aceste dificultăţi legate de folosirea limbii au fost observate încă de multă vreme, şi s-au întreprins încercări de înlăturare a lor. Ne-am putea gîndi la fixarea convenţională a unor graniţe precise pentru semnificaţia unui cuvînt, adică la formularea „definiţiilor" prin care se precizează sensul cuvîntului. S-ar putea preciza, de asemenea, semnificaţia unui cuvînt prin adaosuri explicative, de exemplu prin descompunerea „condiţiei" în „condiţie necesară" şi „condiţie suficientă". Atunci cînd o parte aflată în luptă comunică alteia, care a suferit o înfrîngere, că va trata asupra armistiţiului numai după ce ultima va fi eliberat o anumită zonă, aceasta ar putea fi o condiţie „necesară" sau „suficientă" pentru ducerea tratativelor. Ea este necesară dacă fără eliberarea zonei este sigur că nu se vor purta tratative. Ea este suficientă dacă după eliberare se va trata cu siguranţă. Trebuie să observăm însă că în toate aceste încercări de precizare a conceptelor este necesar, în cele din urmă, să se folosească concepte al căror sens este presupus ca fiind cunoscut şi care trebuie deci acceptate fără o

analiză. Astfel, arhitectonica limbii se întemeiază, în cele din urmă, pe un fundament nesigur.

Problema precizării mijloacelor noastre lingvistice de expresie a reprezentat o temă centrală încă în filozofia greacă, începînd cu Socrate, a cărui viață întreagă a constituit — dacă ar fi să ne încredem în imaginea despre concepțiile sale pe care ne-a lăsat-o Platon în *Dialogurile* sale — o permanentă luptă pentru clarificarea conceptelor lingvistice și a reprezentărilor purtate de acestea. Elevul lui Platon, Aristotel, a făcut un pas decisiv înainte cercetînd structura formală a limbajului, formele raționamentului, independent de conținutul enunțurilor, creînd prin aceasta prima logică științifică. El a ajuns astfel în analiza limbii la un grad de abstracție și precizie necunoscut pînă atunci în filozofia greacă, contribuind prin aceasta în cel mai înalt grad la edificarea unei ordini în metodele limbii și ale gîndirii noastre. Dacă luăm în considerare faptul că în știință este necesar să se stabilească clar și cu o mare exactitate conținutul unei expresii sau al unui argument, atunci Aristotel a pus bazele limbajului științific.

Pe de altă parte, analiza logică a limbii antrenează și pericolul unei prea mari simplificări și unilateralități în judecarea posibilităților ei. Dacă logica creează condiția unui limbaj științific în care se pune accent pe univocitatea și precizia raționamentelor, ea nu ne fundamentează însă o descriere adecvată a limbii vii, care dispune de mijloace de expresie mult mai bogate. Fiecare cuvînt pronunțat produce în mintea noastră nu doar o imagine determinată, care să ne fie perfect conștientă și pe care s-o putem desemna ca semnificație a cuvîntului, ci odată cu acest cuvînt prin mintea noastră se scurg, pe jumătate clare, foarte multe asociații, semnificații secundare și care, chiar dacă nu sînt observate, ar putea fi de o valoare esen-

țială pentru sensul frazei ascultate. În anumite împrejurări, această textură de reprezentări semiconștiente, care pot fi produse de limbaj, poate reda mai bine sensul a ceea ce trebuie spus decît un procedeu logic precis. Tocmai de aceea, poeții îndeosebi au protestat adesea împotriva accentului excesiv pus pe structurile logice ale limbii și au scos în evidență, pe bună dreptate, acele structuri nelogice care formează baza folosirii artistice a limbii. Aș putea cita aici un pasaj din *Faust,* care face parte din discuția lui Mefistofeles cu discipolul său :

Căci uite-așa, în fabrica gîndirii,
Merg lucrurile ca-n țesătorie :
O dată calci, dar miști o mie

De fire, și suveicile se duc, se-ntorc,
Și ițe cad, se-nalță, se-ntretaie,
O lovitură-n mii de alte părți răspunde, taie

Aceasta este, cu siguranță, o descriere corectă a limbii vii, iar atunci cînd, în știință, trebuie să facem din structurile logice ale limbii baza gîndirii noastre nu trebuie să pierdem din vedere celelalte posibilități ale ei, mai bogate.

Putem acum să ne întrebăm pe ce se întemeiază faptul că în științele naturii trebuie să folosim cea mai înaltă precizie și univocitate a vorbirii, pe cînd celelalte posibilități de expresie ale limbii nu pot fi folosite absolut deloc. Temeiul se află în sarcina pe care ne-o punem. În știință încercăm să recunoaștem o anumită ordine în varietatea infinită a fenomenelor lumii care ne înconjură, să înțelegem aceste fenomene diverse prin reducerea lor la unele principii simple. Trebuie să ne străduim să derivăm specialul din general, să înțelegem fenomenul singular ca o consecință a unei legi generale simple. Legile generale trebuie să conțină, atunci cînd sînt formulate lingvistic, doar un număr mic de concepte, altfel legea nu ar mai fi nici

simplă, nici generală. Din aceste concepte va trebui dedusă multiplicitatea infinită a fenomenelor posibile, și nu numai calitativ și inexact, ci cu o mare exactitate cu privire la fiecare detaliu. Este evident că noțiunile limbii comune, imprecise și numai vag definite, cum sînt ele, nu ar permite asemenea derivări. Dacă din ipotezele date trebuie derivat un lanț de concluzii, atunci numărul verigilor posibile ale lanțului depinde de exactitatea ipotezelor. Ca urmare, în științele naturii, conceptele de bază din legile generale trebuie definite cu o precizie completă, iar aceasta este posibilă numai în cadrul unei logici exacte și, în cele din urmă, numai cu ajutorul abstracției matematice.

În fizica teoretică, de aceea, întregim și precizăm limba naturală prin aceea că punem în corespondență conceptelor de bază, care corespund domeniului de experiență respectiv, anumite simboluri matematice ce pot fi raportate la fapte, adică la rezultatele măsurate ale observațiilor. De 300 de ani, de cînd Isaac Newton și-a scris opera sa renumită, *Philosophiae naturalis principia mathematica,* această suplimentare și precizare a limbii obișnuite printr-o schemă matematică a devenit întotdeauna temelia unei științe exacte a naturii. Am putea desemna această schemă ca limbaj matematic artificial. Conceptele fundamentale și simbolurile matematice care le sînt puse în corespondență sînt fixate printr-un sistem de definiții și axiome. Simbolurile sînt legate prin ecuațiile matematice, care pot fi considerate ca expresii exacte ale așa-numitelor legi ale naturii. Corectitudinea acestor ecuații și aceea a legilor naturii exprimate de ele vor fi dovedite în cele din urmă prin aceea că din legile naturii se reușește să se deriveze o varietate infinită de fenomene individuale, ca soluții posibile ale ecuațiilor. Astfel, de exemplu, momentul unei eclipse de Lună sau traiectoria unui satelit lan-

sat în spațiu pot fi prevăzute din condițiile inițiale cu o mare exactitate.

După aceea s-a dovedit utilă preluarea în limba obișnuită a unor părți ale acestui limbaj matematic prin aceea că s-au introdus nume pentru anumite simboluri matematice, cărora li se poate da într-o anumită măsură un conținut intuitiv experiențial. Astfel au intrat în limba obișnuită, ca expresii de specialitate, concepte cum ar fi energie, impuls, entropie, cîmp electric. Dar nu părea necesar ceva mai mult decît o asemenea întregire. După ce s-a realizat această întregire, limba astfel extinsă părea absolut suficientă pentru descrierea și înțelegerea proceselor naturii.

Abia începînd cu fizica modernă s-a realizat aici, într-un anumit sens, o mutație neliniștitoare. Odată cu pătrunderea în aceste domenii ale naturii, inaccesibile nemijlocit simțurilor noastre, a început și limba noastră să nu mai corespundă în anumite locuri. Conceptele ei s-au dovedit parțial instrumente slabe, care nu mai pot fi folosite în noile domenii ale experienței, unde nu mai corespund. Că așa ceva se poate întîmpla s-a observat, în esență, deja de secole. În viața cotidiană, de exemplu, oricine știe ce se înțelege prin conceptele „sus" și „jos". Corpurile cad în jos, iar sus se află cerul albastru. Dar, după ce oamenii s-au convins că Pămîntul seamănă cu o sferă, s-a observat că locuitorii Noii Zeelande stau evident în spațiu invers decît noi, că văzuți din perspectiva noastră ei atîrnă cu capul în jos. Desigur, s-au putut consola ușor, desemnînd prin „sus" direcția de la centrul Pămîntului în afară, iar prin „jos", direcția opusă, prin aceasta dificultățile părînd depășite. În vremea noastră însă pot fi lansate de pe Pămînt rachete în spațiu, și este, în principiu, posibil ca peste puțini ani și oamenii să poată părăsi Pămîntul cu asemenea nave spațiale pentru un timp mai mare sau mai mic. Se poate înțelege că pentru echipajul unei

nave spațiale conceptele „sus" și „jos" nu mai pot avea absolut nici un sens. Dar este foarte greu de reprezentat intuitiv cu ce sentimente ne putem mișca și putem vorbi despre o lume în care concepte cum ar fi „sus" și „jos" nu mai există. Se înțelege de la sine că ar fi extrem de neplăcut să trăiești într-o asemenea lume chiar și numai pentru puțină vreme.

Se poate deci înțelege faptul că pătrunderea în noile domenii ale naturii a produs modificări în limbaj. A fost însă o mare și uluitoare surpriză să se recunoască, în primele decenii ale secolului nostru, că în acel domeniu al naturii în care oamenii au pătruns numai cu ajutorul mijloacelor tehnicii moderne chiar și cele mai simple și mai fundamentale concepte ale științei de pînă acum, cum sînt spațiul, timpul, locul, viteza, au devenit problematice și ca urmare vor trebui regîndite.

Problematica conceptului de timp, apărută în teoria relativității a lui Einstein, poate fi făcută intuitivă, din nou, prin exemplul unei nave spațiale. Să admitem că o navă spațială părăsește Pămîntul cu o mare viteză și călătorește în spațiul cosmic și să mai admitem că legăturile telegrafice ale navei cu Pămîntul pot fi menținute o perioadă mare de timp. Pe navă trebuie să existe un ceas care este exact la fel construit și este calibrat exact după procese fizice reproductibile ca și ceasul corespunzător de pe Pămînt. După aceea, observatorul de pe Pămînt poate controla, pe baza comunicațiilor de pe navă spațială, dacă ceasul de pe navă merge exact și el va constata că el merge ceva mai încet decît ceasul de pe Pămînt. Călătorul spațial, care are și el posibilitatea, prin semnalele pe care le primește de pe Pămînt, să compare mersul ceasului său cu mersul celui de pe Pămînt, ajunge însă la concluzia inversă, că ceasul de pe Pămînt merge mai încet decît ceasul de la bordul navei spațiale. După legile naturii care ne sînt cunoscute, nu ne putem

îndoi de faptul că acestea nu ar fi realmente rezultate ale observaţiilor. Cum mai putem însă atunci să comparăm raţional, în general, timpul de pe Pămînt cu cel de pe nava spaţială ? Cînd vom putea numi „simultane" două evenimente care se produc unul pe Pămînt, iar celălalt la o mare distanţă de el, pe o navă spaţială ? Atunci cînd fixăm pe Pămînt momentul în care soseşte un semnal de la nava spaţială, momentul de pe navă, care va fi numit „simultan" cu acesta, trebuie în orice caz să se producă mai tîrziu decît momentul în care s-a transmis semnalul de pe navă. El va trebui, de asemenea, să fie mai devreme decît acel alt moment în care s-a transmis imediat un semnal de răspuns al navei. Dar unde trebuie să cadă în acest interval simultaneitatea nu se poate decide imediat. În problema de conţinut a redefinirii conceptului de timp, care şi-a găsit răspunsul în teoria relativităţii, nu putem intra acum. Pentru consideraţiile noastre este suficient să constatăm că în noul domeniu al experienţei cuvîntul „simultan" şi-a pierdut mai întîi sensul, la fel cu noţiunile de „sus" şi „jos" în nava spaţială, deci că aici nu se mai pot aplica concepte lingvistice importante.

În această situaţie pare la prima vedere ciudat că fizicianul mai poate vorbi în general despre experimente şi le mai poate interpreta teoretic, întrucît concepte de bază ale limbii sale şi, prin aceasta, gîndirea sa şi-au pierdut valabilitatea. Din fericire, dificultăţile de aici sînt mai mici decît păreau, căci, pentru a rămîne la exemplul cu călătorul spaţial, fizicianul care se află pe Pămînt în relaţie cu nava — sau însuşi călătorul spaţial — nu are nevoie să ştie, pentru descrierea experimentelor sale, ce înseamnă „simultan" în raport cu sisteme atît de îndepărtate. Pentru fiecare dintre ei experimentele se desfăşoară în domeniul lor limitat, iar pentru descrierea acestor fenomene este absolut suficientă limba obişnuită sau, mai exact

spus, limbajul fizicii clasice. De aceea se poate stabili și legătura dintre simbolurile matematice ale fizicii teoretice și experiențele într-un domeniu mic fără dificultăți, și anume la fel ca în fizica anterioară, și tocmai prin aceasta se poate constata și experimental dacă formalismul matematic al teoriei relativității descrie corect sau nu legile naturii. În acest fel pot fi găsite în general acele legi ale naturii care sînt aici valabile. Dificultatea începe abia atunci cînd încercăm, după cunoașterea legilor exacte ale naturii formulate în teoria relativității, să vorbim despre raporturile spațio-temporale la nivel mare. Pentru aceasta nu ne mai este suficientă limba obișnuită.

Întrucît de la descoperirea teoriei relativității s-a scurs mai mult de jumătate de secol, putem formula problema limbajului ei ca o problemă istorică. Ce limbaj s-a dezvoltat realmente în fizică din experiența cu raporturile spațio-temporale extrem de mari ? S-a adaptat oare pur și simplu limbajul în care vorbim despre experimente la limbajul matematic artificial, despre care știm că descrie raporturile reale corect, sau s-a rupt de acesta, astfel încît ne mulțumim în general cu indicații lingvistice imprecise, iar întotdeauna cînd sîntem obligați să ne exprimăm precis ne retragem în limbajul matematic artificial ?

În teoria relativității, limba vorbită s-a adaptat de fapt limbajului matematic artificial. Dar aș dori să anticipez că în teoria cuantică, care va fi analizată mai jos, nu s-a întîmplat astfel. După o propunere a lui Einstein, în teoria relativității ne-am obișnuit să înzestrăm cuvîntul „simultan" întotdeauna cu adaosul „relativ la un anumit sistem de referință" și prin aceasta să-i dăm din nou conceptului „simultan" un sens exact. Cu aceasta, problema, înainte aprig discutată, dacă ceasul din nava spațială merge realmente sau numai aparent mai încet devine

fără obiect ; ea a și dispărut în ultimele decenii din cadrul discuțiilor. La fel, nu trebuie să se decidă dacă corpurile în mișcare se contractă realmente sau numai aparent pe direcția lor de mișcare, așa cum afirmă formula lui Lorentz ; și această întrebare ar putea fi uitată. Ne-am obișnuit cu faptul că lumea nu este „realmente" așa cum ne-ar face să credem conceptele obișnuite, că va trebui să ne obișnuim cu paradoxurile în noile domenii ale experienței.

Odată cu extinderea teoriei relativității prin crearea de către Einstein, în 1916, a teoriei relativității generale, a fost supusă și geometria unei revizuiri, constatîndu-se că ea depinde de cîmpul gravific, că deci raporturile geometrice din lume pot fi corect descrise numai printr-o geometrie neeuclidiană de tip riemannian, adică printr-o geometrie complet neintuitivă.

Și împotriva unei asemenea concluzii s-au formulat la început, din punct de vedere filozofic, obiecții severe, de exemplu Dingler la München a evidențiat că chiar prin comportamentul nostru practic în producerea aparatelor avem grijă ca acolo să fie valabilă geometria euclidiană. Dingler a argumentat în felul următor : atunci cînd un mecanic încearcă să realizeze o suprafață complet netedă, el poate face aceasta în felul următor : el prepară mai întîi trei suprafețe în mod grosolan plane de dimensiuni apropiate, apoi încearcă să îmbunătățească, pe rînd, două dintre aceste suprafețe punîndu-le în contact în diverse unghiuri. Proporția din această suprafață în care contactul este posibil constituie o măsură a gradului de precizie cu care se poate spune că aceste suprafețe sînt „plane". Mecanicul nu va fi satisfăcut de cele trei suprafețe ale sale decît dacă contactul dintre oricare două din ele va fi complet peste tot. Dacă se reușește aceasta, se poate demonstra matematic că pe cele trei suprafețe trebuie să fie valabilă geometria euclidiană. În acest fel, prin înseși propriile noastre

procedee avem grijă ca geometria euclidiană să fie valabilă, şi, de aceea, o geometrie care s-ar abate de la aceasta este falsă. Din punctul de vedere al teoriei relativităţii generalizate se poate, natural, răspunde la acest argument că el nu demonstrează valabilitatea geometriei euclidiene decît pentru dimensiuni mici, care sînt tocmai acelea ale echipamentului nostru experimental. Precizia cu care geometria euclidiană este valabilă în acest domeniu este atît de înaltă încît procedeul descris mai sus pentru producerea suprafeţelor plane se poate folosi întotdeauna ; deviaţiile extrem de uşoare de la geometria euclidiană care subzistă în acest domeniu nu se vor observa, deoarece suprafeţele sînt făcute dintr-un material care nu este strict rigid, ci permite foarte mici deformaţii ; prin aceasta conceptul de „contact" nu poate fi definit cu o precizie completă. Pentru suprafeţele la scară cosmică, procedeul descris mai sus este inaplicabil. Numai că aici nu este vorba de o problemă de fizică experimentală.

Valabilitatea geometriei euclidiene pentru dimensiuni foarte mici este, de asemenea, suficientă şi pentru teoria generală a relativităţii, pentru a stabili corelaţia dintre conceptele fizicii clasice şi simbolurile limbajului matematic artificial. Fizicianul nu întîmpină nici o greutate atunci cînd vrea să vorbească despre experimentele sale, căci acestea se desfăşoară întotdeauna în intervale spaţiale şi temporale mici, chiar atunci cînd el observă, de exemplu, stele foarte îndepărtate sau particule elementare care se mişcă extrem de rapid. În cele din urmă, limbajul fizicianului experimentator s-a adecvat şi aici limbajului matematic artificial. Ca rezultat final, s-a dezvoltat, pe baza teoriei relativităţii, o modalitate de a vorbi în care ne putem înţelege şi în privinţa relaţiilor spaţio-temporale la dimensiuni mari, depăşindu-se astfel dificultăţile despre care am amintit la început.

Dificultăți extrem de serioase legate de limbaj apar însă în cadrul fizicii atomice. În descrierea proceselor care se desfășoară în cele mai mici domenii, a raporturilor analizate și expuse matematic în teoria cuantică, limba obișnuită sau limbajul fizicii clasice eșuează într-o măsură atît de mare încît chiar fizicieni de talia lui Einstein nu au reușit nici pînă la sfîrșitul vieții lor să se adapteze acestei noi situații.

Noi observăm, de exemplu, electronii în camera Wilson : vedem urmele lor ca linii de condensație, așa cum putem să constatăm pe cer traiectoriile avioanelor care zboară foarte sus ca o fîșie de condensație, și nu ne îndoim că în cazul electronilor avem de-a face cu particule încărcate electric care se mișcă foarte repede. Dar aceleași obiecte apar în alte experimente ca unde, care pot produce fenomene de difracție și interferență ; ele nu mai pot fi particule, care ar avea doar o întindere foarte mică, ele trebuie să fie procese care se extind asupra unor domenii spațiale mari. Dar cum se poate vorbi despre asemenea obiecte dacă orice comparație cu obiectele intuitive ale lumii noastre senzorial perceptibile eșuează sau sînt utile doar ca niște indici, rămînînd limitate la experimente determinate ? Nici în acest caz nu putem intra în conținutul teoriei cuantice și în natura fenomenelor descrise de aceasta ; se poate însă formula din nou problema limbii în care vorbim realmente despre atomi și particulele elementare. Trebuie să vorbim despre ele, altfel nu am putea înțelege experimentele noastre.

Istoric, dezvoltarea teoriei cuantice s-a realizat după descoperirea lui Planck din 1900 într-un mod asemănător cu teoria relativității, totuși această evoluție a durat, în ansamblu, foarte mult. Cel mai important material experimental a fost adunat în chimie la sfîrșitul secolului trecut și în primele două decenii ale secolului nostru, prin observații asupra radia-

ţiilor emise de atomi. Pe baza acestui material foarte bogat s-a formulat matematic în anii '20 mecanica cuantică sau ondulatorie, iar în cele din urmă s-a obţinut în acest fel o înţelegere completă a fenomenelor cuantice. În cei 30 de ani care s-au scurs de atunci, s-a dezvoltat printre fizicieni un limbaj în care se vorbeşte despre fenomenele atomice. Dar, în acest caz, limba respectivă nu se mai conformează limbajului matematic artificial. Mai mult, s-a format o manieră de a vorbi în care se folosesc alternativ, pentru descrierea celor mai mici părţi ale materiei, diferite imagini intuitive mutual contradictorii. În funcţie de adecvarea la experimentul respectiv se vorbeşte de unde sau de particule, de traiectorii electronice sau de stări staţionare, dar întotdeauna avînd conştiinţa faptului că aceste imagini reprezintă doar analogii inexacte, că într-o măsură anumită este vorba doar de descrieri prin care încercăm să ne apropiem de procesele reale. Cînd însă sîntem obligaţi să facem afirmaţii precise, trebuie adesea să ne retragem în limbajul matematic artificial.

Această evoluţie a limbajului se întemeiază în primul rînd pe un paradox fundamental al teoriei cuantice. Orice experiment fizic, indiferent dacă se raportează la fenomene ale vieţii cotidiene sau la fizica atomică, trebuie descris cu ajutorul conceptelor fizicii clasice. Aceste concepte ale fizicii clasice formează pentru noi limba în care comunicăm dispoziţia experimentelor noastre şi stabilim rezultatele lor. Ea nu poate fi înlocuită prin alta. În ciuda acestui fapt, aplicabilitatea acestor concepte este limitată pe baza legilor existente ale naturii, prin aşa-numitele relaţii de nedeterminare. Nu putem, de exemplu, să cunoaştem simultan poziţia şi viteza unei particule elementare. Cu cît mai exact este măsurată poziţia, cu atît mai mică va fi exactitatea cunoaşterii vitezei, şi invers. Produsul celor două inexactităţi este dat prin

cîtul dintre constanta lui Planck şi masa particulei respective. Bohr vorbea de o complementaritate a celor două concepte, poziţia şi viteza, şi el a arătat că, în general, în fizica atomică trebuie folosite diferite tipuri de descriere care se exclud reciproc, dar se şi completează reciproc, astfel încît numai prin jocul diferitelor imagini se obţine în cele din urmă o descriere corespunzătoare a proceselor. Această stare de lucruri — complementaritatea — a condus la aceea că fizicienii, atunci cînd vorbesc despre evenimente atomare, se mulţumesc adesea cu o limbă inexactă şi parabolică, că ei doar încearcă, asemănător poeţilor, să determine în spiritul ascultătorului prin imagini şi parabole anumite mişcări, care indică direcţia dorită, fără să-l oblige la realizarea unei succesiuni de idei determinate. Modalitatea de a vorbi devine univocă doar atunci cînd se servesc de limba matematică artificială, a cărei corectitudine, după experienţele existente, nu mai poate fi pusă la îndoială.

În acelaşi timp trebuie să fie posibil, în mod fundamental, un acord al cuvîntului rostit cu limba matematică artificială, şi ne putem întreba de ce în acest domeniu nu se întîmplă acest lucru de la sine, aşa cum s-a întîmplat în cadrul teoriei relativităţii. Temeiul acestei evoluţii complet diferite este faptul remarcabil că într-o limbă care corespunde formalismului matematic al teoriei cuantice nu mai poate fi valabilă logica clasică ; ea va trebui înlocuită printr-un alt tip de logică. Din fericire, de multă vreme matematicienii au recunoscut deja ca posibile asemenea logici deviante şi le-au cercetat, clarificînd problemele de principiu care ar putea să apară prin folosirea altor logici. Totuşi o logică nearistotelică îi este atît de neobişnuită gîndirii umane încît fizicienii nu au fost în stare s-o folosească. Din această cauză, limbajul fizicienilor s-a dezvoltat în realitate într-o

altă direcție. Este totuși instructiv să cercetăm logica limbajului care ar corespunde schemei matematice a teoriei cuantice.

Această logică cuantică, cum a fost numită, a fost inițiată încă în anii '30 de către Birkhoff și von Neumann, iar mai recent ea a fost exhaustiv cercetată de von Weizsäcker. În ea este mai întîi negată valabilitatea unei legi fundamentale a logicii aristotelice sau a logicii vieții cotidiene. Este vorba de principiul care afirmă despre un enunț că ori el însuși, ori negația lui trebuie să fie corecte. Dintre cele două propoziții „Aici se află o masă" sau „Aici nu se află nici o masă" una trebuie să fie adevărată și cealaltă falsă ; a treia posibilitate nu există — „tertium non datur". În logica cuantică, în locul acestei axiome apare, după von Weizsäcker, stipularea că într-o alternativă simplă de tipul descris mai sus există pentru un enunț un conținut de adevăr care poate fi caracterizat prin două numere complexe. Din aceste numere se poate forma un al treilea — nu vom intra în detalii aici —, care poate fi numit valoarea de adevăr, care este 1 dacă enunțul este adevărat și 0 dacă enunțul este fals. Pot însă exista și valori intermediare, de exemplu valoarea $^1/_2$, pentru care enunțul poate fi adevărat sau fals cu aceeași probabilitate. Există, așadar, situații intermediare, pentru care nu este determinat dacă anunțul este fals sau adevărat, iar această „nedeterminare" nu poate fi interpretată în nici un caz ca necunoaștere a adevăratei stări de lucruri. Astfel, un enunț căruia îi corespunde o valoare intermediară nu poate fi interpretat pur și simplu în sensul că alternativa este corectă, dar că nu se știe care enunț corespunde. Mai mult, propozițiile cărora le aparțin valorile intermediare nu mai pot fi exprimate într-o limbă obișnuită. C. F. von Weizsäcker desemnează o propoziție caracterizată printr-o asemenea situație intermediară drept propoziție

complementară propoziţiilor simple ale alternativei.

Împotriva unei asemenea lărgiri a logicii se poate formula o obiecţie imediată. Atunci cînd scriem sau vorbim despre această logică, folosim, fără a ne gîndi în mod deosebit la aceasta, logica obişnuită, aristotelică. Noi folosim întotdeauna, de exemplu, conştient sau inconştient, axioma „tertium non datur". În acest fel se pare că lărgirea plănuită a logicii conţine o contradicţie internă. Această obiecţie a fost pe drept respinsă de von Weizsäcker, el arătînd că noi putem distinge diferite niveluri ale limbii. Un prim nivel se referă la obiecte, de exemplu la atomi şi electroni sau chiar la obiecte ale vieţii cotidiene, mese sau scaune. Un al doilea nivel se raportează la enunţurile despre obiecte ; el conţine astfel, de exemplu, enunţuri despre enunţurile despre electroni sau enunţuri despre teoria electronilor. Un al treilea se poate referi la enunţuri despre enunţurile despre obiecte ş.a.m.d. De aceea, în principiu, este posibil să se întrebuinţeze la diferite niveluri ale limbii diferite logici, dar va trebui ca în cazul-limită al nivelului cel mai înalt să ne reîntoarcem la logica obişnuită. Astfel nu se va mai putea obiecta nimic împotriva folosirii logicii aristotelice în descrierea logicii generalizate a unor niveluri diferite. Această situaţie din logică ar fi analoagă cu aceea din teoria cuantică. Deşi trebuie să afirmăm că legile naturii din teoria cuantică sînt valabile peste tot, chiar şi pentru fenomenele vieţii cotidiene, totuşi în teoria cuantică fizica clasică este conţinută ca un caz-limită într-un asemenea mod, încît în descrierea obiectelor la scară macroscopică caracteristicile cuantice ale proceselor joacă doar un rol subordonat, iar în viaţa de zi cu zi pot fi practic ignorate. Analog, logica aristotelică ar fi conţinută în logica cuantică ca un caz-limită, astfel încît în multe analize este principial permis să se folosească logica clasică.

Faptul că fizica clasică este inclusă ca un caz-limită în teoria cuantică reprezintă însăşi condiţia pentru descrierea şi interpretarea teoretică a experimentelor din fizica atomică. Căci aparatele vor fi descrise şi în fizica atomică prin conceptele fizicii clasice, iar rezultatele obţinute vor fi comunicate folosindu-se aceleaşi concepte. Numai întrucît aceasta este posibil, fizica atomică păstrează univocitatea şi repetabilitatea, caracteristici considerate în general ca presupoziţii ale unei ştiinţe exacte şi obiective a naturii. În mod asemănător, pentru înţelegerea logicii cuantice este esenţial ca noi să putem vorbi despre structura ei într-o limbă care se foloseşte de logica clasică.

Întorcîndu-ne la nivelul inferior al limbajului — care se referă la obiecte — şi prin aceasta la logica cuantică, am putea clasifica deosebirea caracteristică a acestei logici faţă de logica obişnuită cu ajutorul următorului exemplu : să considerăm un atom care se deplasează într-o cutie închisă, împărţită printr-un perete în două părţi egale, peretele avînd o mică fantă prin care poate trece atomul. În acest caz, după logica clasică, atomul s-ar putea afla sau în jumătatea din stînga, sau în cea din dreapta a cutiei. Nu există o a treia posibilitate : „tertium non datur". În teoria cuantică trebuie să admitem însă, dacă vrem să utilizăm în general cuvintele „atom" şi „cutii", că există şi alte posibilităţi care sînt mixturi stranii ale celor două posibilităţi precedente. Aceasta este necesar pentru a putea explica rezultatele unor experimente. Am putea, de exemplu, să observăm lumina difuzată de atom şi să facem trei experienţe. În prima, atomul este închis în jumătatea din stînga cutiei (prin închiderea fantei peretelui), şi se măsoară distribuţia intensităţii luminii difuzate. În a doua, închidem atomul în jumătatea din dreapta şi măsurăm din nou lumina difuzată. În a treia, atomul poate circula liber în întreaga cutie şi se măsoară încă o dată

distribuţia intensităţii. Dacă atomul s-ar fi găsit mereu fie într-o jumătate, fie în cealaltă, distribuţia de intensitate pentru a treia experienţă ar trebui să fie un amestec (depinzînd de timpul petrecut de atom în fiecare dintre cele două jumătăţi). Dar, în general, aceasta nu este experimental corect. Distribuţia de intensitate reală este modificată, de regulă, de aşa-numita interferenţă a probabilităţilor, care joacă un rol important în teoria cuantică, dar care nu poate fi aici explicată mai pe larg. În cel de-al treilea caz de mai sus se prezintă situaţia caracterizată prin propoziţia care a fost numită complementară uneia dintre cele două alternative.

Dacă considerăm în acest exemplu diferitele niveluri ale limbajului, atunci în logica clasică relaţia dintre acestea va fi aceea de corespondenţă univocă. Cele două enunţuri „Atomul se află în jumătatea din stînga" sau „Este adevărat că atomul se află în jumătatea din stînga" aparţin logic unor niveluri diferite. În logica clasică, cele două enunţuri sînt însă complet echivalente, adică ele sînt sau ambele adevărate, sau ambele false. Nu este posibil ca unul să fie corect şi celălalt fals. În schema logică a complementarităţii, această relaţie este însă mai complicată ; justeţea sau falsitatea primului enunţ implică încă justeţea sau falsitatea celui de-al doilea enunţ, dar falsitatea celui de-al doilea nu implică cu necesitate falsitatea primului enunţ. Dacă al doilea enunţ este fals, rămîne încă nedecis dacă atomul se află în partea stîngă. Atomul nu trebuie să fie neapărat în partea dreaptă. Există încă o completă echivalenţă a celor două niveluri ale limbii pentru adevărul unui enunţ, nu însă şi în ceea ce priveşte falsitatea unui enunţ. Pornind de aici, se poate înţelege acea păstrare care se numeşte „persistenţa legilor clasice" în teoria cuantică. De fiecare dată cînd un rezultat exact se poate deduce dintr-o experienţă prin aplicarea legilor

clasice, acest rezultat se va deduce, de asemenea, și prin legile cuantice și experimental se va comporta exact la fel.

Logica modificată a teoriei cuantice, care a fost schițată mai sus, conduce în mod obligatoriu și la o ontologie modificată ; căci oricărui enunț despre atom în care nu este decis dacă atomul se află în partea dreaptă sau stîngă a cutiei îi corespunde o situație din natură diferită de oricare din cele două situații, cînd atomul se află în partea stîngă sau în partea dreaptă a cutiei. C. F. von Weizsäcker a numit asemenea stări, care corespund enunțurilor complementare, stări coexistente, pentru a indica faptul că sînt stări care conțin ca posibilități ambele alternative. Acest concept de stare ar reprezenta prin prisma unei ontologii a teoriei cuantice o primă definiție. Se observă imediat că această folosire a cuvîntului „stare", în special a termenului „stare coexistentă", este atît de diferită de aceea a ontologiei obișnuite încît ne-am putea îndoi că aici se mai folosește o terminologie adecvată. Dacă, pe de altă parte, se interpretează cuvîntul „stare" astfel încît acesta să desemneze mai degrabă o posibilitate decît o realitate — și s-ar putea chiar prin simplificare să înlocuim cuvîntul „stare" prin cuvîntul „posibilitate" —, conceptul de „potențialitate coexistentă" este cu totul plauzibil, deoarece o potențialitate poate conține o altă posibilitate sau se poate suprapune parțial altor potențialități.

De aici rezultă și faptul că în fizica modernă conceptul de potențialitate, care a jucat un rol atît de hotărîtor în filozofia lui Aristotel, apare din nou într-o poziție centrală. Am putea concepe legile matematice ale teoriei cuantice ca o versiune cantitativă a conceptului aristotelic de „dynamis" sau „potentia". Desigur, Aristotel nu s-a gîndit la folosirea acestui concept pentru o lărgire a logicii sale. Totuși acest concept de

„posibilitate“ se află într-un mod corect la jumătatea distanței dintre conceptul de realitate materială obiectivă, pe de o parte, și acela de realitate subiectivă, spirituală. „Probabilitatea“ cuantică are, cel puțin parțial, un caracter obiectiv, deși dacă este interpretată ca frecvență ea reprezintă doar frecvența într-o totalitate gîndită.

În analizarea dificultăților care apar în cadrul descrierii lingvistice a proceselor atomare, se întîlnește adesea opinia că aici ar fi vorba de elemente ale unei discuții interesante între fizicieni și filozofi, poate extrem de speciale și subtile, dar că experimentatorul practician al teoriei atomice, atomistul sau chimistul, ar putea, din fericire, să uite această întreagă problematică, întrucît ea nu joacă nici un rol în problemele lui practice.

Această părere ar fi îndreptățită numai dacă atomistul ar renunța realmente să mai vorbească despre atomul însuși. El ar putea să raporteze experimentele și rezultatele lui fără să se ocupe de regulile logicii cuantice. Dar de îndată ce va vorbi despre atomi sau molecule, de exemplu atunci cînd chimistul va dori să scrie o formulă pentru legăturile chimice — iar acest lucru el îl face totuși întrucît vrea să clarifice experimentele sale —, atunci el va trebui să fie pregătit să întîmpine dificultățile logicii cuantice. Faptul că nu vor putea evita întotdeauna aceste greutăți vom încerca să-l prezentăm pe baza unui exemplu din chimie.

De la descoperirea chimistului Kekulé de acum 100 de ani, se știe că molecula de benzol posedă o structură de formă inelară, că ea constă din șase atomi de carbon ordonați într-un hexagon, de fiecare fiind legat cîte un atom de hidrogen. Imaginea acestei molecule poate fi găsită în numeroase manuale de chimie. Dacă chimiștii sînt întrebați cum sînt ordonate legăturile de valență în această moleculă, ei vor răspunde că coeziunea moleculei este realizată

prin trei legături simple și trei legături duble. Chimistul îți va arăta pe o schemă a moleculei, în care el va fi numerotat cei șase atomi de carbon de la 1 la 6, că atomii 1 și 2, 3 și 4, 5 și 6 sînt legați prin două linii de valență. Se poate însă întreba dacă nu ar fi posibil ca în locul acestora legăturile duble să se afle între atomii 2 și 3, 4 și 5, 6 și 1. Vom primi răspunsul că această a doua posibilitate este, de fapt, la fel de întemeiată ca și prima, că ele sînt absolut echivalente și că nu se știe care se va realiza. Întrucît însă nu există două molecule de benzol echivalente și totuși diferite, acest răspuns nu este în întregime satisfăcător. Insistînd mai departe cu întrebările, s-ar putea ca chimistul să spună că molecula oscilează între cele două posibilități. Întrucît însă el trebuie să admită că la temperaturi suficient de joase nu mai poate avea loc în moleculă nici o mișcare reală, nici o modificare temporală, el se simte forțat să admită formularea că legătura reală va trebui concepută ca un gen de amestec al celor două posibilități sus-menționate. Chimistul face astfel loc, pe jumătate inconștient, logicii cuantice. Căci în viața cotidiană, pur și simplu, nu ne putem reprezenta ce ar putea să însemne un amestec între cazul în care aici se află o masă și altul în care aici nu se află o masă. Se admite astfel că atunci cînd vorbim despre procesele atomice și cînd nu ne mai mulțumim cu indicații vagi nu putem evita logica cuantică. Acela care abordează domeniul atomilor poate să se bazeze pe logica aristotelică clasică tot atît de puțin ca și cosmonautul pe conceptele de „sus“ și „jos“. Este de înțeles totuși de ce fizicianul nu a folosit pînă acum în mod sistematic logica cuantică, mulțumindu-se adesea doar cu imagini și parabole prin care poate orienta în direcția dorită gîndurile auditorului.

O vreme îndelungată s-a împărtășit ideea că problema limbajului joacă în științele naturii

doar un rol subordonat. Acest fapt nu mai este adevărat însă în cazul fizicii moderne. Oamenii pătrund în vremea noastră în domenii depărtate ale naturii, inaccesibile direct simţurilor noastre, care nu pot fi decît deduse prin intermediul unei aparaturi tehnice complicate. Cu aceasta noi părăsim nu numai domeniul nemijlocit perceptibil, noi părăsim şi spaţiul în care s-a format limba noastră obişnuită şi la care ea este aplicabilă. De aceea sîntem obligaţi să învăţăm o limbă nouă, care în multe locuri este foarte străină de cea veche. O limbă nouă înseamnă însă şi un nou mod de gîndire, şi prin aceasta se manifestă în ştiinţele naturii în toată stringenţa ei acea exigenţă pe care o întîlnim atît de izbitor în epoca actuală în atît de multe domenii.

ŞTIINŢELE NATURII ŞI TEHNICA ÎN EVENIMENTELE POLITICE ALE EPOCII NOASTRE *

Într-o conferinţă despre rolul cuvîntului în evenimentele politice, Carl J. Burckhardt exprima ideea că într-o vreme în care, în urma nesfîrşitei abuzări de ele, cuvintele şi imaginile conducătoare ale trecutului par să se fi devalorizat şi să fi fost deposedate de forţa lor ordonatoare ştiinţelor naturii şi tehnicii le-ar putea reveni, în ciuda tuturor pericolelor, rolul unei forţe ordonatoare. Ne vom ocupa aici de această idee în cîteva rînduri.

Prima impresie este potrivnică speranţei formulate de Burckhardt. Astăzi, cînd ştiinţele naturii şi tehnica exercită cea mai puternică influenţă asupra transformării lumii şi pătrund în domeniile ei cele mai avansate într-un mod mai degrabă distructiv decît ordonator, pe primul plan se află interesul material, care, în virtutea naturii sale, poate acţiona în ambele direcţii. El poate duce atît la contradicţii între grupuri de putere duşmane, contradicţii care pot distruge orice ordine, cît şi la formarea unor structuri economice ordonate. Ştiinţele naturii promit atenuarea mizeriei materiale, dispariţia bolilor, victoria asupra duşmanilor, ele conving prin cuvîntul determinant „finalitate". Dar şi „finalitatea" poate să ducă la haos dacă scopurile nu vor fi înţelese ca părţi ale unei totalităţi

* Apărut iniţial în *Dauer im Wandel*. Testschrift zum 70 sten Geburtstag von Carl J. Burckhardt, Verlag Georg D. W. Callwey, München, 1960, p. 194—197.

mai mari, ale unei ordini superioare. „Finalitatea este moartea umanității". Acest principiu enunțat uneori ne indică faptul că orice scop desprins din ansamblul corelațiilor sale poate conduce la dezvoltări care vin în contradicție cu realitatea umană propriu-zisă, și anume cu cercetarea corelațiilor date care depășesc domeniul uman.

Principiul nu are valabilitate decît în cazul în care scopurile reprezintă părți ale unui ansamblu mai mare, pe care epocile anterioare îl numeau ordinea divină.

Deși științele naturii pot acționa la început în ambele direcții, încă Burckhardt a indicat latura instructivă a practicării științelor și tehnicii. Dezvoltarea modernă determină un număr nelimitat de oameni din toate regiunile lumii să se dedice cu scrupulozitate și conștiinciozitate soluționării unei probleme tehnice sau științifice care li se pune. Indiferent dacă este vorba despre un constructor de străzi, de un inginer de mecanică fină sau de un constructor de avioane sau dacă se cercetează procesele chimice din organismul uman ori trebuie cultivate noi plante industriale, întotdeauna individul căruia i se pune problema trebuie să se apuce de lucru lucid și conștiincios ; el nu trebuie să se lase orbit de prejudecăți sau iluzii, el trebuie să renunțe la toate acele simplificări atît de periculoase în viața politică dacă răspunderea care i se încredințează este justificată. Această obligativitate a grijii și lucidității aparține forțelor ordonatoare ale timpului nostru. Ea nu ar fi însă suficientă dacă știința nu ar putea produce nemijlocit sentimentul pentru acea totalitate superioară în care se exprimă ordinea acestei lumi.

Cercetătorului superficial îi poate părea că științele naturii și tehnica se dizolvă în mecanismul, care devine din ce în ce mai nesistematic, al unor discipline speciale, în care individul mai poate totuși acționa cu succes, dar ale cărei

legături el nu le mai poate înțelege. La o analiză mai atentă se observă însă în spatele acesteia o mișcare în direcție opusă. Prin procesul unei abstractizări din ce în ce mai înalte, care se realizează sub ochii noștri în științele exacte ale naturii și care cuprinde treptat domenii spirituale mai vaste, devin vizibile în interiorul unei științe, ca și între diferite științe raporturi foarte largi, care pînă acum au fost ascunse minții umane. Ca exemplu poate servi evoluția matematicii moderne. Conceptul de număr s-a format printr-o abstracție din lucrurile perceptibile senzorial ; figurile geometrice se nasc prin abstracție din relațiile pe care le întîlnim, de exemplu, în măsurarea Pămîntului. Socotitul cu litere în locul cifrelor, introducerea unității imaginare, studiul funcțiilor caracterizează trepte mai înalte ale abstracției. După obiectele abstracte speciale de care se ocupă, se deosebesc ramurile diferite ale matematicii, cum ar fi aritmetica, algebra, teoria funcțiilor, topologia ș.a.m.d. În vremea noastră, matematica atinge însă un grad de abstracție esențial mai înalt, în care se constituie concepte supraordonate, pornind de la care diferitele obiecte ale matematicii apar numai ca exemple de aplicații speciale, în care se reflectă raporturile foarte generale, structuri logice care acționează în toate disciplinele speciale ale matematicii. Concepte cum ar fi mulțime, grup, latice, operator au o putere de unificare care permit matematicii să apară ca o unitate într-un sens mai înalt ca înainte.

Evoluții asemănătoare se pot observa și în fizica modernă a atomului. Mai înainte fizica și chimia erau științe separate, care se raportau la aspecte complet diferite ale naturii, iar fizica însăși se descompunea într-o serie de discipline diferite — mecanica, optica, teoria electricității, termodinamica etc. —, care, la rîndul lor, aveau ca obiect de studiu diferite tipuri de procese și legități. În timpul nostru s-a înțeles că toate

acestea sînt legic corelate, dar pentru a se observa marile raporturi trebuia să se pătrundă și în domenii ale naturii care nu pot fi nemijlocit perceptibile. Prin fizica învelișului nuclear s-a realizat unificarea chimiei și fizicii ; prin experimentele realizate astăzi cu cele mai mari mijloace tehnice asupra particulelor elementare apare corelația tuturor genurilor de forțe din natură, iar formularea legilor lor cere un grad de abstracție necunoscut înainte în științele naturii.

În biologie începe să se înțeleagă că dirijarea proceselor biologice din organism se leagă adesea de proprietățile atomice ale anumitor substanțe complexe. Și aici trebuie părăsit domeniul proceselor vii nemijlocit perceptibile pentru a se cunoaște corelațiile active. Pare, de aceea, că evoluția multor domenii diferite ale științei și tehnicii se desfășoară în aceeași direcție ; de la datul nemijlocit perceptibil se trece mai întîi pe un tărîm deșert, neliniștitor și îndepărtat, din perspectiva căruia devin inteligibile marile corelații ale lumii.

Aici trebuie subliniat însă faptul că renunțarea la contactul viu cu natura, renunțare pe care o presupune pătrunderea în noile domenii și drumul spre abstracție în științele naturii, nu reprezintă un scop autonom, ci, dimpotrivă, este vorba de o jertfă dureroasă, care-și găsește justificarea numai în cunoașterea unor raporturi mai largi ale lumii. Aceste ordini mai generale au devenit realmente observabile în științele naturii din epoca noastră. De aceea nu trebuie să se facă nici o comparație sub acest aspect cu artele moderne, deși în acestea tendința spre abstractizare apare foarte clară. Marile corelații despre care este vorba în științele naturii nu pot fi recunoscute deocamdată decît în cercul restrîns al celor care activează aici.

Totuși de aici pot pleca influența asupra gîndirii oamenilor în general. De exemplu, se ma-

turizează extraordinar sentimentul că viaţa pe Pămînt reprezintă o unitate, că o deteriorare într-un loc poate să aibă influenţe în alte locuri şi că noi sîntem răspunzători pentru ordinea vieţii pe această planetă. Din depărtarea spaţiului cosmic, în care oamenii pot pătrunde cu mijloacele tehnicii moderne, se vor observa poate şi mai clar decît de pe Pămînt legile unitare după care se ordonează întreaga viaţă pe planeta noastră. Că aici s-au deschis posibilităţi pentru a pătrunde nu doar cu spiritul, ci şi cu inima pe acel tărîm deşert, neliniştitor şi îndepărtat unde ne-au condus mai întîi tehnica şi ştiinţele naturii ne arată poate cel mai bine poemul aviatorului francez Saint-Exupéry. Micul său prinţ, care are grijă de planetele sale, care răstoarnă vulcanii şi stropeşte un trandafir, trăieşte acolo departe, dar ne învaţă : „On ne voit bien qu'avec le coeur, l'essentiel est invisible pour les yeux“ *.

Atunci cînd se ridică problema dacă din ştiinţele naturii şi tehnicii izvorăsc puteri ordonatoare ale vieţii noastre cotidiene, capabile să transforme viaţa pe Pămînt la fel ca marile imagini determinante ale trecutului, trebuie să ne gîndim înainte de toate la corelaţiile largi care au devenit sesizabile de-abia în cele mai recente dezvoltări. Cu privire la marile pericole politice ale timpului nostru putem spera că se va extinde sentimentul pe care un fizician rus l-a exprimat de curînd la un congres internaţional prin fraza : „Călătorim împreună pe o navă spaţială care, înconjurînd din vremuri infinite Soarele, se mişcă cu acest mare astru prin spaţiul infinit. Nu ştim de unde venim şi încotro mergem, dar călătorim împreună pe aceeaşi navă“.

---

* Numai cu inima vezi bine, esenţialul este invizibil ochilor.

ABSTRACȚIA ÎN ȘTIINȚELE MODERNE ALE NATURII *

Dacă se compară știința naturii din vremea noastră cu aceea din epocile anterioare, se constată adesea că această știință a devenit în decursul evoluției ei din ce în ce mai abstractă și că ea a atins actualmente în multe locuri un caracter uimitor de abstract, care nu poate fi egalat decît, într-o anumită măsură, de marile succese practice pe care le-a produs știința naturii prin aplicațiile ei tehnice. Nu vreau acum să discut o problemă referitoare la valori, care a fost adesea formulată în această privință. Nu ne vom întreba astfel dacă era mai plăcută știința naturii din epoca antică, acea știință care a făcut ca raporturile naturii — prin pătrunderea în particularitățile fenomenelor naturale — să fie vii și, prin aceasta, evidente, sau dacă, dimpotrivă, enorma extindere a posibilităților tehnice care se întemeiază pe cercetarea modernă a demonstrat incontestabil tocmai superioritatea concepției noastre asupra științei naturii. Această problemă de valoare va fi astfel deocamdată lăsată cu totul deoparte. În locul ei vom încerca să supunem unei cercetări însuși procesul abstracției în dezvoltarea științei. Vom examina — atît cît va fi cu putință în cadrul

* Conferință ținută în cadrul sesiunii ordinului „Pour le mérite" în științe și arte, Bonn, 1960; inițial apărută în *Reden und Gedenkworte*, Band 4, Heidelberg, Verlag Lambert Schneider, 1962, p. 141—164.

unei scurte considerări istorice — ce s-a întîmplat realmente atunci cînd știința, supunîndu-se evident unei necesități interne, s-a ridicat de la o treaptă de abstracție la alta ; care sînt valorile de cunoaștere care fac să se urmeze această ascensiune anevoioasă. Se va constata că în diferite discipline din domeniul științelor naturii se petrec procese similare care pot deveni mai inteligibile tocmai prin compararea lor. Atunci cînd biologul reduce metabolismul și reproducerea organismelor vii la reacții chimice, atunci cînd chimistul substituie descrierea intuitivă a calităților substanței sale printr-o formulă de compoziție mai mult sau mai puțin complicată, atunci cînd fizicianul exprimă legile naturii în ecuații matematice, se realizează o evoluție al cărei tip fundamental se poate cel mai clar recunoaște în dezvoltarea matematicii înseși și despre a cărei obligativitate trebuie să ne întrebăm.

Se poate începe cu întrebarea : ce este abstracția și ce rol joacă ea în gîndirea conceptuală ? Ca răspuns s-ar putea spune : abstracția desemnează posibilitatea de a considera un obiect sau un grup de obiecte dintr-un *singur* punct de vedere, neglijînd toate celelalte proprietăți ale acestora. Evidențierea unei trăsături, care va fi considerată în acest raport deosebit de importantă față de toate celelalte caracteristici, constituie esența abstracției. Formarea tuturor conceptelor se întemeiază, cum se înțelege destul de ușor, pe acest proces al abstracției. Căci formarea conceptelor presupune că se poate recunoaște ceea ce este echivalent. Deoarece însă o completă egalitate în cadrul fenomenelor nu apare practic niciodată, echivalența se naște numai prin procesul abstracției, prin reținerea unei trăsături și neglijarea tuturor celorlalte. Pentru a putea construi, de exemplu, conceptul de „pom", trebuie să se observe că mestecenii și brazii au anumite trăsături comune, care pot fi reținute abstractiv și prin aceasta conceptual.

Descoperirea unor trăsături comune poate reprezenta în anumite condiţii un act de cunoaştere de o deosebită semnificaţie. De exemplu, trebuie să se fi înţeles foarte de timpuriu în istoria umanităţii că în compararea a trei vaci cu trei mere există o trăsătură comună, exprimată prin cuvîntul „trei". Formarea conceptului de număr reprezintă deja un pas decisiv în trecerea de la domeniul lumii date nemijlocit, senzorial, la domeniul structurilor ideale, raţional conceptibile. Propoziţia „Două nuci plus două nuci fac patru nuci" rămîne valabilă dacă se înlocuieşte cuvîntul „nuci" cu „pîini" sau dacă el se înlocuieşte, de asemenea, prin numele oricăror alte obiecte. Putem deci generaliza această propoziţie sub forma abstractă „Doi plus doi fac patru". Aceasta a fost o descoperire deosebit de importantă. Probabil că s-a recunoscut foarte devreme puterea ordonatoare proprie a acestui concept de număr, şi aceasta a contribuit la conceperea sau interpretarea unor numere ca simboluri. Din punctul de vedere al matematicii actuale, numărul individual este în general mai puţin important decît operaţia fundamentală a numărării. Tocmai această operaţie este cea care permite apariţia şirului neîntrerupt al numerelor naturale şi, prin aceasta, ea generează deja implicit toate stările de lucruri care sînt studiate în teoria numerelor. Odată cu numărarea s-a făcut evident un pas decisiv în abstracţie, pas prin care s-a deschis drumul matematicii şi ştiinţelor matematice ale naturii.

Aici se poate studia un fenomen cu care ne vom întîlni mereu mai tîrziu pe diferitele trepte ale abstracţiei, în matematică sau în ştiinţele moderne ale naturii, şi care pentru dezvoltarea gîndirii abstracte în ştiinţă ar putea fi considerat un gen de „fenomen originar" — deşi este sigur că Goethe nu ar fi folosit aici expresia sa „fenomen originar" (Urphänomen). Am putea

să-l numim „desfășurarea structurilor abstracte". Conceptele care s-au format inițial prin abstracție, plecînd de la stări de lucru individuale sau de la complexe ale experienței, cîștigă o viață proprie, dovedindu-se mult mai bogate în conținut și mai productive decît se întrevăzuse inițial. În evoluția ulterioară, ele manifestă o putere ordonatoare independentă, prilejuind formarea unor forme și concepte noi, mediindu-ne cunoașterea corelațiilor acestora, confirmîndu-și valoarea în încercarea de a face inteligibilă lumea fenomenelor.

Din conceptul de numărare, de exemplu, și din operațiile simple de calcul legate de acesta s-au dezvoltat mai tîrziu, parțial în antichitate, parțial în epoca modernă, o aritmetică complicată și o teorie complexă a numerelor, în care de fapt s-a descoperit numai ceea ce de la început fusese pus prin conceptul de număr. Numărul și teoria relațiilor numerice dezvoltată din el au dat posibilitatea de a se compara segmentele prin măsurare. Astfel s-a putut dezvolta o geometrie științifică ce depășește deja conceptual teoria numerelor. Încercarea de a întemeia în acest fel geometria pe aritmetică, întreprinsă deja de către pitagoreici, s-a lovit de dificultăți privind raporturile iraționale de segmente, aceștia fiind obligați să extindă corpul numerelor ; astfel au trebuit să inventeze într-o anumită măsură conceptul de număr irațional. Pornind de aici, grecii au ajuns la conceptul continuului și la cunoscutele paradoxe studiate mai tîrziu de filozoful Zenon. Nu vom intra aici în dificultățile acestei evoluții a matematicii ; am vrut doar să indicăm bogăția de forme care există implicit în conceptul de număr și care poate fi desfășurată din acesta.

În procesul abstracției se poate produce deci următorul fenomen : conceptul format prin abstracție cîștigă o viață proprie, el generează o mulțime neașteptată de forme sau structuri ordonatoare, care vor contribui mai tîrziu într-un

mod anumit și la înțelegerea evenimentelor din lumea înconjurătoare.

În jurul acestui fenomen fundamental s-a născut problematica privind natura proprie a obiectului matematicii. Nu mai poate fi pus la îndoială faptul că în matematică este vorba de cunoaștere autentică. Despre ce este însă această cunoaștere ? Descriem oare în matematică o realitate obiectivă, adică ceva care există într-un anumit sens independent de oameni, sau matematica este numai o capacitate a gîndirii umane ? Legile pe care le derivăm în matematică reprezintă numai enunțuri asupra structurii gîndirii umane ? Nu vreau să dezvolt aici de fapt această problemă deosebit de grea, ci doar să fac o observație care subliniază caracterul obiectiv al matematicii.

Nu este improbabil ca pe alte planete, să zicem pe Marte, în orice caz însă în alte constelații, să existe ceva analog vieții, și trebuie să luăm în seamă, în general, posibilitatea existenței pe alte corpuri din univers a unor ființe vii, a căror capacitate de a gîndi abstract să se fi dezvoltat atît de mult încît să fi produs conceptul de număr. Dacă acest fapt este real și dacă aceste ființe ar dezvolta din conceptul de număr o matematică științifică, atunci ele ar ajunge la aceleași teoreme ale teoriei numerelor ca și noi, oamenii. Aritmetica și teoria numerelor nu pot arăta la ei în mod fundamental altfel decît la noi, ele trebuie să corespundă în privința rezultatelor. Dacă matematica trebuie să fie valabilă ca enunțare asupra gîndirii umane, atunci neapărat : asupra gîndirii în sine, nu doar asupra gîndirii umane. În măsura în care există în general gîndire, matematica trebuie să fie aceeași. Acest postulat poate fi comparat cu un alt postulat al științelor naturii : pe alte planete sau pe corpurile cosmice mult mai îndepărtate sînt valabile aceleași legi ale naturii ca la noi. Aceasta nu este doar o presupunere teoretică, chiar putem să vedem prin telescoapele noastre

că acolo există aceleași elemente chimice ca și la noi, că ele intră în aceleași combinații chimice, radiind lumina în aceeași corelație spectrală. Dacă această afirmație natural-științifică, întemeiată pe experiență, are vreo legătură cu cea făcută mai sus asupra matematicii, și care anume este această legătură, nu vom discuta acum.

Să ne întoarcem pentru un moment la matematică înainte de a considera evoluția științelor naturii. Matematica a creat mereu în decursul istoriei ei concepte noi și comprehensive, ridicîndu-se astfel pe trepte de abstracție din ce în ce mai înalte. Domeniul numerelor a fost extins cu numerele iraționale și cele complexe. Conceptul de funcție a deschis calea analizei superioare, calculul diferențial și integral. Conceptul de grup, care s-a dovedit la fel de rodnic în algebră, geometrie, teoria funcțiilor, a sugerat că ar trebui să fie posibil ca, la un nivel mai înalt al abstracției, să se poată ordona și înțelege întreaga matematică. Teoria mulțimilor a fost dezvoltată ca o asemenea substructură abstractă a întregii matematici. Dificultățile teoriei mulțimilor au obligat în cele din urmă la trecerea de la matematică la logica matematică, realizată în anii '20, în special de către Hilbert și colaboratorii săi din Göttingen. De fiecare dată a trebuit să se treacă de la un nivel al abstracției la altul, superior, întrucît problemele din domeniul restrîns în care apăruseră inițial nu puteau fi realmente rezolvate și în orice caz nu puteau fi înțelese. Numai corelarea lor cu alte probleme, dintr-un domeniu mai larg, deschidea posibilitatea unui nou gen de înțelegere, determinînd prin aceasta formarea unor concepte mult mai cuprinzătoare. De exemplu, atunci cînd s-a înțeles că axioma paralelelor a lui Euclid nu poate fi demonstrată, s-a dezvoltat geometria neeuclidiană. O înțelegere autentică s-a obținut însă numai după ce s-a formulat întrebarea mult mai generală : se poate demonstra în interiorul unui sistem axiomatic că

acest sistem nu conține nici o contradicție? Abia cu această întrebare s-a atins nucleul problemei. La sfîrșitul acestei evoluții găsim în vremea noastră o matematică asupra fundamentelor căreia se poate vorbi numai în concepte extraordinar de abstracte, a căror legătură cu anumite lucruri ale experienței pare să se fi pierdut cu desăvîrșire. De la matematicianul și filozoful Bertrand Russell se pare că provine propoziția: „Matematica tratează despre lucruri despre care nu știe ce sînt și ea constă din enunțuri despre care nu se știe dacă sînt adevărate sau false". (Pentru explicarea părții a doua a acestei afirmații, se știe numai că ele sînt formal adevărate, nu însă dacă există obiecte în realitate la care ele s-ar putea raporta.) Istoria matematicii trebuie să servească însă aici doar ca un exemplu pentru înțelegerea inevitabilității evoluției spre abstracție și spre unificare. Ajungînd aici, trebuie să ne întrebăm dacă nu s-a petrecut ceva asemănător și în științele naturii.

Aș dori să încep cu știința care prin obiectul ei ar trebui să fie cea mai apropiată de viață și, în această măsură, probabil cel mai puțin abstractă: biologia. În vechea sa împărțire în zoologie și botanică, ea era în mare măsură o descriere a numeroaselor forme în care întîlnim viața pe Pămînt. Știința compara aceste forme cu scopul de a introduce ordine în multitudinea, la prima vedere aproape de necuprins, a înfățișărilor vieții și pentru a căuta regularitățile sau legitățile din domeniul lucrurilor vii. Aici s-a născut de la sine următoarea întrebare: după ce criterii pot fi comparate diferitele ființe vii, care ar trebui să fie trăsăturile comune care ar putea servi ca temei al comparării? Deja cercetările lui Goethe asupra metamorfozei plantelor, de exemplu, erau îndreptate tocmai în această direcție. Aici trebuia, așadar, să urmeze primul pas spre abstracție. Întrebarea nu se mai referea cu precădere la ființele individuale, ci

la funcțiile biologice prin care se caracterizează viața — creșterea, metabolismul, înmulțirea, respirația, circulația sanguină etc. Aceste funcții ofereau punctul de vedere din care se puteau compara chiar și ființe de genuri cu totul deosebite. Ele s-au dovedit, la fel ca și conceptele abstracte ale matematicii, neașteptat de rodnice. Ele au dezvoltat într-o anumită măsură o forță proprie pentru ordonarea unor domenii foarte îndepărtate ale biologiei. Astfel a apărut din studiul proceselor ereditare teoria darvinistă a evoluției, care a permis pentru prima oară interpretarea dintr-un punct de vedere cuprinzător și unitar a mulțimii formelor diferite ale vieții organice. Cercetările asupra respirației și metabolismului, pe de altă parte, au dus de la sine la problema proceselor chimice care au loc în organismul viu ; ele au dat posibilitatea comparării acestor procese cu procesele chimice care se desfășoară în retorte. Prin aceasta s-a creat un pod între biologie și chimie, punîndu-se în același timp problema dacă procesele chimice din organism se desfășoară după aceleași legi ale naturii ca și cele din materia nevie. Astfel, întrebarea privind funcțiile biologice s-a deplasat într-un alt punct, și anume ea vizează acum modul în care se realizează în natură material aceste funcții biologice. Atîta vreme cît atenția era îndreptată asupra funcțiilor biologice, maniera de cercetare mai corespundea lumii spirituale a medicului și filozofului Carus, prietenul lui Goethe, care arătase strînsele corelații ale funcțiilor organice cu procesele sufletești inconștiente. Cu punerea problemei realizării materiale a funcțiilor, cadrul biologiei, la drept vorbind, a explodat, întrucît acum devenise evident că procesele biologice pot fi realmente înțelese numai cînd sînt analizate și interpretate științific și procesele chimice și fizice care le corespund. Pe această nouă treaptă de abstracție nu vor fi direct considerate corelațiile fenomenale biologice, ci se va întreba

numai ce procese fizico-chimice, corelate ale proceselor biologice, se desfășoară realmente într-un organism. Pe acest făgaș s-a ajuns în timpul nostru la cunoașterea unor raporturi foarte generale care par să determine unitar toate procesele vii de pe Pămînt și care pot fi cel mai simplu exprimate în limbajul fizicii atomice. Ca un exemplu special să luăm factorii eredității, a căror transmitere de la un organism la altul este reglată de cunoscutele legi ale lui Mendel. Acești factori ereditari sînt dați material prin ordonarea unui mare număr de fragmente moleculare de patru tipuri caracteristice pe cele două fire ale unei molecule filiforme, numită acid dezoxiribonucleic (A D N), care joacă un rol decisiv la formarea nucleelor celulare. Prelungirea biologiei în chimia și fizica atomică permite astfel interpretarea unitară a unor fenomene biologice fundamentale pentru întreaga lume organică de pe Pămînt. Dacă viața care există pe alte planete folosește aceleași structuri fizice și chimice nu se poate stabili în acest moment, dar este posibil ca răspunsul la această întrebare să fie cunoscut într-un timp nu prea îndepărtat.

În chimie s-a petrecut o evoluție asemănătoare cu cea din biologie. Aș dori să reținem din istoria chimiei doar un singur episod, caracteristic pentru fenomenul „abstracție și unificare", și anume dezvoltarea conceptului de valență. Chimia are de-a face cu calitățile substanței și ea cercetează problema transformării substanțelor cu anumite calități în substanțe cu alte calități, combinarea, separarea și transformarea substanțelor. Atunci cînd s-a început să se cerceteze cantitativ compozițiile substanțelor, deci să se întrebe ce cantitate din diferite elemente chimice este prezentă în compoziția respectivă, s-au descoperit raporturi de numere întregi. Deja mai înainte se folosise reprezentarea atomistă ca o imagine corespunzătoare, cu ajutorul căreia se putea înțelege compoziția elementelor

Să plecăm de la o comparaţie cunoscută. Dacă se amestecă nisip alb cu nisip roşu, ia naştere un nisip a cărui culoare roşiatică este mai deschisă sau mai închisă în funcţie de raportul compoziţiei. La fel se reprezenta şi combinaţia chimică a două elemente, gîndind în locul părticelelor de nisip atomii. Întrucît compoziţia chimică era prin proprietăţile ei mai diferită de elementele care o compuneau decît nisipul amestecat de cele două feluri de nisipuri, s-a putut modifica imaginea acceptînd ideea că atomii diferiţi se constituie mai întîi în grupuri de atomi care alcătuiesc, ca molecule, cele mai mici unităţi ale compoziţiei. Raporturile de numere întregi ale substanţelor de bază din diferitele compoziţii puteau fi interpretate prin numărul atomilor din moleculă. Experimentele permiteau realmente o asemenea interpretare intuitivă şi, dincolo de aceasta, să se atribuie atomilor individuali un număr de aşa-numite „valenţe", care simbolizau posibilitatea unirii cu alţi atomi. Aici rămînea însă în primul rînd total neclar — şi acesta e punctul despre care este acum vorba — dacă trebuia să se reprezinte valenţa ca o forţă orientată sau ca o proprietate geometrică a atomilor, sau cu totul altfel. Multă vreme a trebuit să rămînă nedecis dacă atomii înşişi erau obiecte materiale reale sau doar imagini geometrice auxiliare, convenabile pentru reprezentarea matematică a evenimentelor chimice. Prin „reprezentare matematică" se înţelege faptul că simbolurile şi regulile lor de corelare — aici, de exemplu, valenţele şi regulile valenţelor — sînt „izomorfe" evenimentelor în acelaşi sens în care atunci cînd, vorbind în limbajul matematic al teoriei grupurilor, spunem că transformările liniare ale unui „vector" sînt izomorfe rotaţiilor în spaţiul tridimensional. Practic, fără a folosi limbajul matematicii, aceasta înseamnă: se poate folosi reprezentarea de valenţă pentru a prevedea ce combinaţii chimice vor fi posibile între elementele respective. Dacă însă, pe lîngă

aceasta, valența este și ceva real, în același sens în care o forță sau o formă geometrică poate fi reală, această problemă n-a putut fi rezolvată multă vreme, deciderea ei nefiind deosebit de importantă pentru chimie. Deoarece în cazul procesului complicat al reacțiilor chimice ne-am îndreptat atenția în primul rînd asupra corelațiilor cantitative ale amestecului, fără a lua în considerare celelalte aspecte, adică procedînd prin abstracție, s-a obținut un concept care a permis să se interpreteze unitar și să se înțeleagă parțial diferitele reacții chimice. Numai mult mai tîrziu, și anume în fizica atomică modernă, am învățat ce gen de realitate se află în spatele conceptului de valență. Nici astăzi nu putem să spunem pe drept dacă valența reprezintă, într-adevăr, o forță sau o traiectorie electronică, sau o concavitate în densitatea încărcăturii electrice a atomilor, sau doar o posibilitate a ceva de acest gen. Incertitudinea fizicii contemporane nu se referă însă la starea însăși, ci la expresia ei lingvistică, a cărei imperfecțiune nu o putem esențialmente elimina.

De la conceptul de valență mai rămîne doar un drum foarte scurt pînă la limbajul abstract al chimiei contemporane, care face posibilă chimistului înțelegerea conținutului și a rezultatelor muncii sale în toate domeniile acestei științe.

Torentul de informații pe care le strînge biologul sau chimistul observator sau experimentator se revarsă în cele din urmă de la sine în domeniul mai larg al fizicii atomice, prin punerea problemelor în care se tinde spre o înțelegere unitară și care duce la elaborarea conceptelor abstracte. Pare că fizica atomică ar trebui deja, prin poziția sa centrală, să fie suficient de cuprinzătoare pentru a oferi tuturor fenomenelor din natură o structură fundamentală la care acestea să fie raportate și pe baza căreia să poată fi ordonate. Dar nici în fizică, care apare aici ca o bază comună pentru biologie și chimie,

aceasta nu este deloc evident, deoarece există foarte multe fenomene fizice de genuri diferite a căror corelație internă nu este de la început evidentă. De aceea va trebui să intrăm din nou în evoluția fizicii, și anume vom arunca mai întîi o privire asupra primelor ei începuturi.

La începutul științei antice a naturii a stat, după cum se știe, învățătura pitagoricilor după care, așa cum ne-o relatează Aristotel, „lucrurile sînt numere". Dacă se interpretează modern redarea gîndurilor pitagoricilor de către Aristotel, se înțelege că lucrurile, adică fenomenele, pot fi ordonate și, în această măsură, înțelese prin corelarea lor cu forme matematice. Dar această corelare nu va fi considerată un act arbitrar al capacității noastre de gîndire, ci drept ceva obiectiv. Se va spune, de exemplu: „Numerele sînt esența substanțială a lucrurilor" sau „Cerul întreg este armonie și număr". Prin aceasta se înțelege mai întîi doar ordinea lumii pur și simplu. Pentru filozofia antică, lumea este cosmos și nu haos. Înțelegerea astfel obținută a lumii încă nu pare prea abstractă; astfel, de exemplu, observațiile astronomice sînt interpretate plecînd de la conceptul de orbită. Aștrii se mișcă în cercuri. Cercul reprezintă, datorită simetriei sale înalte, o figură deosebit de perfectă; mișcarea în cerc este evidentă prin sine. Pentru mișcarea complicată a planetelor a trebuit să fie combinate mai multe mișcări în cerc, cicluri, epicicluri, pentru a putea fi corect reprezentate observațiile. Aceasta era absolut suficient pentru gradul de exactitate accesibil pe atunci. Eclipsele de Soare și de Lună puteau fi foarte exact prevăzute cu ajutorul astronomiei lui Ptolemeu.

Această concepție antică a fost înfruntată la începutul epocii moderne, în fizica newtoniană, cu întrebarea: nu are ceva comun mișcarea Lunii în jurul Pămîntului cu mișcarea pietrelor care cad sau care sînt aruncate? Descoperirea că aici este prezent ceva comun, asupra căruia

s-a putut îndrepta atenţia, făcîndu-se abstracţie de toate celelalte deosebiri oricît de adînci, reprezintă un eveniment dintre cele mai pline de consecinţe din istoria ştiinţelor naturii. Ceea ce era comun a fost descoperit prin formularea conceptului de „forţă", care produce modificarea „impulsului" unui corp, aici în special forţa gravitaţională. Deşi acest concept de forţă mai izvora din experienţa sensibilă, cum ar fi impresiile provocate de ridicarea unei greutăţi mari, el devine încă în axiomatica newtoniană un concept abstract, şi anume este definit prin modificarea impulsului, fără raportare la aceste impresii. Cu puţine concepte, cum ar fi masă, viteză, impuls, forţă, Newton construieşte un sistem închis de axiome, care trebuia să fie suficient pentru tratarea tuturor proceselor mişcării mecanice, făcînd abstracţie de toate celelalte trăsături ale corpurilor. După cum se ştie, acest sistem axiomatic s-a dovedit, ca şi conceptul de număr în istoria matematicii, extraordinar de fecund. Timp de peste două secole, fizicienii şi matematicienii au tras noi şi interesante consecinţe din principiul newtonian, pe care-l învăţăm în şcoală în forma sa simplă : „Masa × acceleraţia = forţa". Teoria mişcării planetelor a început tot cu Newton, şi ea a fost dezvoltată şi perfecţionată de astronomia de mai tîrziu. A fost studiată şi explicată mişcarea giroscopică, a fost dezvoltată mecanica fluidelor şi a corpurilor elastice, au fost prelucrate matematic analogiile dintre mecanică şi optică. Aici trebuiau evidenţiate două puncte de vedere. Primul : dacă abordăm numai latura pragmatică a ştiinţei, de pildă comparînd mecanica lui Newton cu astronomia antică în privinţa capacităţii de predicţie a astronomiei, atunci fizica newtoniană, cel puţin la începutul ei, nu se distingea de astronomia antică. În esenţă, se putea reprezenta oricît de exact mişcarea planetelor prin suprapunerea ciclurilor şi epiciclurilor. Forţa de convingere a fizicii newtoniene pro-

venea astfel în primul rînd nu din aplicabilitatea sa practică, ci se întemeia pe unificarea, pe explicarea unitară a unor fenomene foarte diferite, pe puterea de cuprindere care provine de la fundamentul newtonian. Al doilea : cînd s-au dedus din acest punct inițial, în secolele care au urmat, noi domenii ale mecanicii, astronomiei și fizicii, au fost necesare pentru aceasta realizări științifice deosebite ale unei serii de savanți, dar rezultatul se ascundea, chiar dacă nu putea fi recunoscut de la început, încă în premisele lui Newton ; exact la fel cum conceptul de număr conținuse implicit întreaga teorie a numărului. Chiar dacă ființe înzestrate cu rațiune de pe alte planete vor lua ca punct de plecare al considerațiilor lor științifice principiul lui Newton, ele vor putea obține la întrebări asemănătoare numai răspunsuri asemănătoare. În această măsură este vorba și în evoluția fizicii newtoniene de „desfășurarea structurilor abstracte", despre care am vorbit încă la începutul acestei conferințe.

Abia în secolul al XIX-lea s-a arătat că premisele newtoniene totuși nu erau suficiente pentru a se obține forme matematice corespunzătoare pentru toate fenomenele observabile. Fenomenele electrice, de exemplu, care au stat în centrul atenției fizicienilor în special de la descoperirile lui Galvani, Volta și Faraday, nu mai corespundeau sistemului de concepte ale mecanicii. Faraday a construit, întemeindu-se pentru aceasta pe teoria corpurilor elastice, conceptul de cîmp de forță, ale cărui modificări în timp trebuiau cercetate și explicate independent de mișcările corpurilor. Din asemenea puncte de plecare s-a dezvoltat mai tîrziu teoria maxwelliană a fenomenelor electromagnetice, din ea teoria relativității a lui Einstein și, în cele din urmă, fizica generală a cîmpului, care, spera Einstein, ar putea fi construită ca bază a întregii fizici. Nu vom intra acum în detaliile acestei evoluții. Important pentru con-

siderațiile noastre de aici este numai faptul că fizica de la începutul secolului nostru, ca urmare a unor asemenea evoluții, nu era deloc unitară. Corpurile materiale, ale căror mișcări erau studiate de mecanică, erau opuse forțelor aflate în mișcare, care reprezentau acum prin cîmpurile de forțe o realitate proprie, cu propriile ei legi naturale. Cîmpurile diferite stăteau unul lîngă altul fără vreo legătură. Cîmpurilor electromagnetice și gravitaționale, cunoscute încă de multă vreme, și forțelor chimice de valență li s-au adăugat forțele din nucleul atomic și interacțiunile care sînt hotărîtoare pentru dezintegrarea radioactivă.

Prin această coexistență a unor imagini intuitive diferite și a tipurilor de forțe separate s-a pus o problemă pe care știința nu o putea ocoli. Căci noi sîntem convinși că natura este, în ultimă instanță, unitar ordonată, că toate fenomenele se produc, în ultimă instanță, după legi unitare ale naturii. De aceea, în cele din urmă trebuie să fie posibilă și descoperirea structurii comune subiacente diferitelor domenii fizice.

Fizica atomică modernă s-a apropiat de acest țel tot cu ajutorul abstracției și al elaborării unor concepte cuprinzătoare. Imaginile aparent contradictorii rezultate din interpretarea experimentelor fizicii atomice au dus mai întîi la situarea noțiunii de „posibilitate", de „realitate doar potențială" în centrul interpretării teoretice. Cu aceasta a fost dizolvată opoziția dintre particulele materiale ale fizicii newtoniene și cîmpul de forțe al fizicii Faraday-Maxwell ; ambele sînt forme de manifestare posibile ale aceleiași realități fizice. Opoziția dintre forță și substanță și-a pierdut semnificația ei principială. Și conceptul extrem de abstract de realitate potențială s-a dovedit extraordinar de fructuos ; prin el interpretarea

atomic-fizică a fenomenelor biologice și chimice a devenit posibilă pentru prima dată. Legătura căutată dintre diferitele tipuri de cîmpuri de forțe a rezultat simplu în ultimele decenii din noile experimente. Fiecărui tip de cîmp îi corespunde, în sensul unei realități potențiale, un gen determinat de particule elementare. Cîmpului electromagnetic îi corespunde cuanta de lumină sau fotonul, forțelor chimice le corespund, într-o anumită măsură, electronii, forțelor nucleului atomic le corespund mezonii ș.a.m.d. În experimentele cu particulele elementare s-a constatat că la ciocnirea unor particule elementare cu viteze foarte mari se nasc noi asemenea particule elementare, părînd că, dacă dispunem de suficientă energie în ciocniri pentru a forma noi particule, s-ar putea produce particule elementare de orice tip. Diferitele particule elementare sînt, pentru a spune astfel, alcătuite din aceeași substanță — această substanță o putem numi simplu energie sau materie —, ele putînd să se transforme reciproc unele în altele. Prin aceasta se pot transforma reciproc unele în altele și cîmpurile de forțe ; corelația lor internă poate fi cunoscută nemijlocit în mod experimental. Fizicianului îi mai rămîne sarcina formulării legilor naturii după care se realizează transmutația particulelor elementare. Aceste legi trebuie să reprezinte sau să transpună în limbajul matematic precis, și prin aceasta necesar, ceea ce se poate observa în experiment. Soluția acestei probleme nu pare prea dificilă, dată fiind creșterea mulțimii de informații pe care ni le oferă fizica experimentală, în care se lucrează cu mijloacele cele mai perfecționate. Pe lîngă conceptul de „realitate potențială“ raportată la spațiu și timp, în această teorie pare să joace un anumit rol exigența ca acțiunile să nu se propage cu o viteză superioară vitezei luminii. Pentru for-

mularea matematică rămîne, în cele din urmă, o structură a teoriei grupurilor, o totalitate de exigenţe de simetrie care pot fi reprezentate prin elemente matematice relativ simple ; dacă această structură va fi suficientă pentru expunerea experienţei, se va putea constata din nou numai în procesul „desfăşurării", despre care am vorbit de cîteva ori. Detaliile nu sînt importante pentru consideraţiile pe care le intenţionăm aici ; în esenţă, raportul dintre diferitele domenii fizice pare să fi fost clarificat deja prin experimentele din ultimii zece ani ; credem că putem recunoaşte structura fizică unitară a naturii în schiţele ei.

Aici trebuie să acordăm însă atenţie şi limitelor înţelegerii dobîndite astfel despre natură, limite determinate tocmai de natura abstracţiei. Dacă facem la început abstracţie de numeroase detalii importante în favoarea unei trăsături care izbuteşte să ordoneze fenomenele, prin aceasta ne limităm singuri la elaborarea unei structuri de bază, a unui gen de osatură care numai prin adăugarea unei mulţimi de detalii ulterioare va putea deveni o veritabilă imagine. Raportul dintre fenomen şi structura de bază este în general atît de încîlcit încît nu poate fi urmărit în particular. Doar în fizică s-a clarificat măcar relaţia dintre conceptele cu care descriem nemijlocit experienţa şi acelea care apar în formularea legilor naturii. În chimie s-a reuşit acest lucru numai într-o măsură considerabil mai redusă, iar biologia abia începe să înţeleagă în unele puncte cum s-ar putea acorda conceptele care izvorăsc din cunoaşterea nemijlocită a vieţii şi care-şi păstrează întreaga valoare cu structurile de bază. Oricum, imaginea obţinută prin abstracţie ne oferă într-o anumită măsură o reţea naturală de coordonate la care se raportează fenomenele şi în cadrul căreia ele ar putea fi ordonate. Între înţelegerea astfel dobîndită a lumii şi cunoaşterea spre care s-a

tins la început și spre care se tinde mereu, este același raport ca între planul unui peisaj ce se poate recunoaște dintr-un avion care zboară la o foarte mare înălțime și imaginea pe care o putem obține trăind și plimbîndu-ne prin acest peisaj.

Să ne întoarcem la întrebarea pusă la început. Drumul abstracției în științele naturii se întemeiază, așadar, în cele din urmă pe necesitatea de a întreba mai departe, pe tendința spre o înțelegere unitară. Goethe deplîngea aceasta odată, în legătură cu conceptul formulat de el al „fenomenului originar". El scrie în *Teoria culorilor* : „Dacă s-ar găsi un asemenea fenomen originar, tot ar rămîne necazul că el nu va fi recunoscut ca atare, că noi vom mai căuta dincolo de el și deasupra lui încă ceva, pe cînd ar trebui totuși să recunoaștem aici granițele contemplării". Goethe și-a dat seama, evident, că pasul spre abstracție nu poate fi evitat dacă ne întrebăm mai departe. Ceea ce indică el prin cuvintele „deasupra lui" este tocmai treapta de abstracție imediat următoare. Goethe vrea s-o evite ; trebuie să recunoaștem granițele contemplării, să nu le depășim, deoarece dincolo de aceste granițe contemplarea devine imposibilă și începe spațiul gîndirii constructive, desprinsă de experiența sensibilă. Acest spațiu i-a fost întotdeauna străin lui Goethe, stîrnindu-i neliniște, înainte de toate, deoarece îl șoca nemărginirea lui. Peisajul nesfîrșit, vizibil de aici, putea să atragă doar gînditorii de o cu totul altă structură de gîndire decît Goethe. De la Nietzsche provine propoziția : „Abstractul este pentru mulți o cazană — pentru mine, în zilele bune, o sărbătoare și o beție !" Dar oamenii care meditează asupra naturii se întreabă mai departe, deoarece ei concep lumea ca o unitate și încearcă să-i înțeleagă structura unitară. În acest scop, ei construiesc concepte din ce în ce mai cuprinzătoare, a căror relație cu experiența sensibilă nemijlocită se poate recunoaște

foarte greu. Existența unei asemenea relații reprezintă totuși o condiție indispensabilă pentru ca abstracția să mai poată în general oferi o înțelegere a lumii.

După cuprinderea în linii atît de mari a progresului din domeniul științelor naturii, acum, la sfîrșitul unei asemenea considerări, e greu să reziști tentației de a arunca o scurtă privire asupra altor domenii ale vieții spirituale, arta și religia, și de a te întreba dacă acolo s-au desfășurat sau se mai desfășoară procese similare.

În domeniul artelor plastice ne surprinde o anume asemănare între ceea ce se întîmplă în dezvoltarea unui stil artistic din formele de bază simple și ceea ce a fost numit aici desfășurarea unei structuri abstracte. Ca și în științele naturii, apare impresia că prin formele de bază — de exemplu, în arhitectura romanică prin pătrat și semicerc — sînt condiționate deja în mare măsură posibilitățile de dezvoltare și rafinare ale formelor mai bogate din vremurile de mai tîrziu, că în evoluția stilului este vorba mai mult de o desfășurare decît de o creație nouă. O trăsătură comună foarte importantă constă și în aceea că asemenea forme de bază nu se pot inventa, ci doar descoperi. Formele de bază posedă o obiectivitate pură. În științele naturii, ele trebuie să reprezinte realitatea, în artă se exprimă conținutul de viață al epocii respective. În condiții favorabile se poate descoperi că există forme care realizează aceasta, dar asemenea forme nu pot fi pur și simplu construite.

Mai greu de apreciat este presupunerea, formulată uneori, după care caracterul abstract al artei moderne ar avea cauze asemănătoare caracterului abstract al științelor moderne ale naturii, că ele ar fi oarecum înrudite prin conținut. În cazul în care comparația ar fi aici îndreptățită, aceasta ar însemna că arta modernă a cîștigat posibilitatea de a reprezenta și a face intuitive raporturi mai cuprinzătoare, care nu puteau fi exprimate de arta anterioară, tocmai

renunțînd la legătura nemijlocită cu trăirea sensibilă. Arta modernă poate reda unitatea lumii mai bine decît arta anterioară. Dacă această interpretare este corectă nu pot să hotărăsc eu. Adesea evoluția artei moderne este și altfel interpretată : Desființarea în epoca noastră a ordinii vechi, de exemplu a legăturilor religioase, se reflectă în artă în desființarea formelor tradiționale, din care nu mai rămîn decît elemente individuale abstracte. Dacă aceasta este interpretarea corectă, atunci nu mai există nici o relație cu caracterul abstract al științelor moderne ale naturii. Căci prin abstracția din științele naturii s-a obținut realmente o privire asupra unor raporturi deosebit de cuprinzătoare.

Poate ne este permis să amintim încă o comparație din domeniul istoriei. Faptul că abstracția se naște din continuarea întrebărilor, din tendința spre unitate, se poate recunoaște evident dintr-unul din cele mai importante evenimente din istoria religiei. Noțiunea de Dumnezeu din religia mozaică reprezintă o treaptă mai înaltă de abstracție în raport cu reprezentarea unui mare număr de zei ai naturii, a căror acțiune asupra lumii putea fi nemijlocit trăită. Numai pe această treaptă superioară se poate admite unitatea acțiunii divine. Lupta reprezentanților religiei mozaice împotriva lui Hristos ar fi fost, dacă-l putem urma aici pe Martin Buber, o luptă pentru păstrarea abstracției, pentru susținerea treptei mai înalte care fusese deja obținută. În opoziție cu ei, Hristos ar fi insistat ca abstracția să nu se rupă de viață, ca oamenii să-și înfățișeze nemijlocit acțiunea divină asupra lumii, chiar dacă nu mai exista o imagine perceptibilă a lui Dumnezeu. Faptul că prin aceasta s-a caracterizat greutatea principală a oricărei abstracții ne este destul de familiar și din istoria științei. Ar fi lipsită de valoare acea știință a naturii ale cărei afirmații nu ar putea fi verificate prin observarea naturii ; ar fi lipsită de valoare acea artă care nu ar mai

impresiona oamenii, care nu ar mai reuși să le ilumineze sensul existenței. Dar nu ar fi rațional să ne lăsăm purtați atît de departe, aici nu este vorba decît de a explica evoluția abstractă a științelor moderne ale naturii. Trebuie să ne mulțumim cu constatarea că știința modernă a naturii s-a ordonat în mod natural într-un cadru de semnificații mai larg, care se naște prin aceea că oamenii întreabă mai departe, că aceasta este forma în care oamenii dialoghează cu lumea care-i înconjură, pentru a-i cunoaște structura unitară și pentru a trăi în ea.

SARCINI ŞI PROBLEME ACTUALE ÎN PROMOVAREA CERCETĂRII ŞTIINŢIFICE ÎN GERMANIA *

Aş dori să încep acest referat asupra problemelor cercetării ştiinţifice, pe care-l voi susţine aici, cu două episoade care aruncă o lumină poate cam alarmantă asupra întrebărilor care vor fi formulate.

Am primit vizita unor membri de seamă ai consiliului japonez al cercetării, care doreau să se sfătuiască cu noi asupra măsurilor corespunzătoare privind promovarea cercetării. După aproape două ore de discuţii care se desfăşurau deosebit de armonios, conducătorul acestei delegaţii, un cunoscut savant japonez, m-a luat deoparte şi m-a întrebat, după ce s-a scuzat de cîteva ori, dacă ar putea să-mi pună între patru ochi încă o întrebare, foarte importantă pentru el. După ce am acceptat, mi-a spus : „După primul război mondial, Germania era din punct de vedere economic într-o situaţie aproape fără speranţă. Dar la numai cîţiva ani după aceea, cam de la 1920, în ciuda mizeriei economice, Germania avea în cercetarea ştiinţifică un loc de frunte în raport cu întreaga lume. După al doilea război mondial, Germania s-a refăcut economic

* Acest discurs, care trebuie înţeles în relaţia sa specială cu timpul respectiv, a fost ţinut la 5.11.1963 în faţa deputaţilor Bundestagului german în societatea de lucru interparlamentară, la Bonn. Apărut iniţial în *Universitas*, 19 Jg., 1964, Heft 10, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft m.b.H., Stuttgart, p. 1 009—1 022.

mult mai repede decît după primul. Începînd cu 1950, relaţiile economice ale Germaniei occidentale erau mult mai bune decît s-ar fi putut spera. Însă în cercetarea ştiinţifică şi astăzi, după 18 ani de la război, ţara noastră joacă doar un rol subordonat. Cum se explică aceasta ?"

Al doilea episod pe care aş vrea să vi-l relatez s-a petrecut în Institutul pentru fizica plasmei din München-Garching. Aveam nevoie acolo pentru lucrările noastre experimentale de un mare număr de condensatori electrici, care trebuiau să corespundă unor exigenţe tehnice foarte înalte. Ştiam că o firmă din Anglia produce condensatori care îndeplineau condiţiile noastre. Deoarece era însă vorba de o comandă mare, 3 000 de condensatori, care costau mai multe milioane de mărci, am fost rugaţi să oferim această comandă unei firme vest-germane. După ce s-au stabilit exact condiţiile tehnice şi încercările de probă şi după ce o firmă vest-germană de prestigiu s-a declarat de acord să preia contractul, s-a predat comanda. După timpul de livrare corespunzător au venit primii 300 de condensatori. Dintre aceştia chiar la livrare 4% erau nedenşi şi au eşuat. Un condensator a fost desfăcut şi s-a constatat că greşeala se datora unui defect de construcţie şi de finisare ; a urmat o serie neplăcută de încercări, scrisori şi propuneri de modificări. După cîteva luni am primit de la firmă o scrisoare în care recunoştea că nu poate îndeplini condiţiile tehnice stabilite prin contract, astfel încît contractul trebuia să fie anulat. Aşa s-a pierdut mult timp. Am fost dezamăgiţi şi am luat legătura cu firma engleză. Cadrele pentru condensatori fuseseră deja livrate la Garching, iar condensatorii firmei engleze nu li se potriveau. Firma engleză s-a oferit însă imediat să încerce o execuţie specială şi să construiască condensatori de mărimile corecte ; inginerul nostru şef a plecat pentru convorbiri în Anglia. După numai trei zile a sosit un exemplar de probă, pe aeroportul

Riem ; a fost supus acelorași probe ca și condensatorii produși mai înainte în țară. A funcționat ireproșabil. Între timp toți condensatorii din Anglia au fost montați la Garching și lucrează de atunci în mod cu totul satisfăcător.

Am început această expunere cu cele două episoade deoarece cred că ele ne îndeamnă să medităm. Nu vreau însă să vă conduc cu reacredință spre anumite concluzii pripite. Oamenii de știință sînt obligați să fie sceptici și sinceri. Scepticismul mă obligă să spun că din două asemenea episoade, întîmplător selecționate, nu se poate trage o concluzie întemeiată asupra stării cercetărilor la noi. Pe de altă parte, pot să garantez că episoadele s-au petrecut în realitate exact în modul în care le-am relatat.

Să începem cu întrebarea : ce înseamnă știința în viața modernă ? În epocile anterioare, știința și arta reprezentau ornamentul cultural al vieții, pe care oamenii și-l puteau permite în vremurile bune, la care însă trebuiau să renunțe în vremurile rele, atunci cînd alte obligații și griji treceau pe primul plan. Realizările culturale strălucitoare și bunăstarea materială erau semnele exterioare ale fericirii unui popor. Astăzi însă totul este fundamental diferit. Întreaga noastră viață depinde, fie că sîntem de acord, fie că nu, de știință, și anume într-o măsură pe care înainte cu greu ne-am fi putut-o imagina.

Trebuie, de aceea, să ne oprim asupra acestei laturi a vieții moderne dacă dorim să răspundem corect la întrebarea privind cerințele cercetării științifice. Cercetarea științifică nu mai este ornamentul cultural al vieții — deși ar putea fi și aceasta —, ci reprezintă sămînța din care mai tîrziu vor putea crește bunăstarea economică, buna organizare a statului, sănătatea publică și multe altele. Poate un răspuns parțial la întrebarea savantului japonez amintită la început ar suna astfel : „Noi am rămas în

urmă deoarece în ultimele decenii am acordat mai puțină atenție decît alte națiuni acestei laturi a vieții moderne, și anume locului central pe care îl ocupă știința în lumea noastră".

Dar nu numai ponderea cercetării științifice a devenit mai mare ; obiectele și modul însuși al muncii științifice s-au modificat. Alături de domeniile științifice vechi, tradiționale, la care noi am avut întotdeauna contribuții de cea mai mare valoare, au apărut unele noi, care s-au dezvoltat adesea la granița dintre două domenii vechi. De exemplu, la granițele dintre biologie, chimie și fizică s-a dezvoltat biologia moleculară, în care s-au făcut în ultimul deceniu cele mai semnificative descoperiri. Aplicarea metodelor științelor naturii sau matematicii la domeniul științelor spiritului, de exemplu la științele economice sau la știința politicii, a condus la noi și interesante idei, asupra semnificației cărora numai evoluția viitoare va decide. Tehnica mașinilor electronice de calcul a permis constituirea științei ciberneticii, care s-a dovedit excepțional de fructuoasă și în biologie, în studiul sistemului nervos al organismelor simple. În aceste noi domenii noi am pătruns mai greu decît alte națiuni care produc știință.

Acest lucru se explică în primul rînd prin faptul că cercetătorii tineri, care în mod natural ar trebui să-și desfășoare activitatea în domenii noi, au dispărut în țara noastră în timpul războiului aproape cu toții ; activitatea științifică în universitățile și institutele noastre de cercetări a trebuit în 1945 să fie reluată de oamenii de știință vechi, iar aceștia, este de la sine înțeles, au lucrat mai departe în domeniile de cercetare în care obținuseră realizări bune înainte de catastrofa din 1933. Tineretul științific, care se dezvoltă acum, vrea însă să lucreze în noile domenii, încă neexplorate. În lumea din afara noastră s-a modificat foarte mult și stilul muncii de cercetare. Ținînd seama de impor-

tanța pe care o va avea știința, guvernele au pus la dispoziție fonduri mult mai mari cercetării. Munca de cercetare nu va mai fi dusă de un savant izolat, ci de o echipă întreagă de cercetători tineri ; fără a se lua în seamă cheltuielile, în unele țări s-a pus la dispoziție întregul arsenal al tehnicii moderne pentru a se realiza anumite obiective ale cercetării. Pentru acest gen de cercetare, universitățile noastre nu sînt înzestrate, și chiar în cadrul mai flexibilului Institut Max Planck nu se poate realiza ușor adaptarea la acest nou stil de cercetare. Faptul că și administrația noastră are greutăți mari în a se adapta la cerințele acestei noi cercetări va fi discutat mai tîrziu.

Acest nou stil de cercetare aduce cu sine și faptul că nu se poate în orice loc să se realizeze totul, de exemplu nu ar putea fi reprezentate în toate universitățile toate direcțiile de cercetare. Trebuie să se creeze puncte forte, care să cuprindă specialiștii în centre corespunzătoare, în care să se realizeze ceea ce este important și să se lase la o parte ceea ce este mai puțin important. Această formare a punctelor forte cere o muncă prealabilă atentă în organele administrative corespunzătoare, în care știința însăși trebuie să aibă o influență decisivă. Nu există o altă metodă pentru formarea punctelor forte decît consultarea atentă dintre specialiști și administrație. Diferite comisii din Ministerul Științei, din Societatea pentru cercetări și din Consiliul Științei au muncit în mod excelent în anii din urmă ; nu văd aici un temei pentru ca să se producă vreo modificare în aceste forme de organizare existente. Dacă în viitor vor apărea pretenții și mai înalte, de exemplu prin convențiile internaționale, atunci va trebui ca în aceste comisii să se selecteze mult mai strict cercetările costisitoare. Va trebui să se promoveze domeniile și centrele de cercetare care au cele mai bune perspective de succes sau cele care apar ca foarte importante

din alte motive, în timp ce altele mai puțin importante vor fi trecute pe planul al doilea.

Nu cred că ar fi o nefericire dacă s-ar abate în viitor aici un vînt mai tare. Selecția contribuie adesea și la îmbunătățirea calității. La aceasta se vor obiecta, în special, următoarele: dacă vor trebui abordate noi domenii ale științei sau noi metode vor trebui aplicate, atunci va trebui, întrucît nu ne vor sta niciodată la dispoziție mijloace financiare nelimitate și forțe de muncă nelimitate, să fie abandonate vechile domenii. Nouă, aceasta ne pare mult mai greu decît altor națiuni. Deoarece conștiința de sine a noastră nu se poate întemeia pe timpul de după 1933. De aceea va trebui să ne bazăm pe realizările anterioare acestei epoci; or, acestea sînt tocmai vechile științe și vechile forme de administrație. Un al doilea răspuns parțial la întrebarea formulată la început sună de aceea: Noi sîntem prea puțin pregătiți să abandonăm vechiul și să creăm cadrul noului. Va trebui să învățăm, ca să spun așa, să acceptăm un risc mai mare. Îndrăzneala științifică s-a confirmat în Germania întotdeauna în trecut; va trebui s-o învățăm în continuare, trebuie să îmbrățișăm noul și să luăm decizii asupra a ceea ce ne pare important sau neimportant.

Deoarece a fost mai înainte vorba despre aspectul administrativ, voi trece la o parte a expunerii mele marcată în mod deosebit de critică: ce pot face parlamentele și guvernele pentru a îmbunătăți situația? Există două probleme foarte disputate: mărimea mijloacelor publice acordate cercetării și modernizării administrării.

Mai întîi cîteva cifre despre care cred că sînt, într-o anumită măsură, demne de încredere. Procentul din bugetul de stat care este acordat pentru cercetarea științifică desfășurată în scopuri nemilitare reprezintă astăzi în alte țări industrializate, cum sînt America, Anglia, Franța, circa 4%. În Republica Federală Ger-

mania, aproximativ 1,7 pînă la 2%, adică aproximativ jumătate. Asemenea cifre sînt, după cum ştie oricine, problematice, deoarece este greu să se calculeze complet sursele respective din diferite ţări şi apoi să se compare. De exemplu, s-ar putea spune că în Republica Federală trebuie să nu se plece de la bugetul federal, ci de la suma dintre bugetul federal şi bugetele landurilor. Prin aceasta lucrurile nu se schimbă însă prea mult. Dacă se iau în considerare numai procentele destinate cercetării ştiinţifice, aşa cum sînt considerate acestea în celelalte ţări, şi dacă se are în vedere faptul că o mare parte a cheltuielilor universităţilor aparţin învăţămîntului, instruirii ştiinţifice, studenţilor etc. şi că numai un mic procent din aceste cheltuieli ale universităţilor pot fi considerate ca fiind destinate cercetării în sens strict, atunci pentru Republica Federală se ajunge din nou la aproximativ acelaşi procent între 1,7 şi 2%. Cred astfel că putem pleca cu conştiinţa împăcată de la aceste cifre.

Atunci cînd se discută aceste cifre cu membrii componenţi ai Bundestagului sau ai administraţiei federale, se poate adesea auzi următoarea obiecţie : „Asemenea cifre nu au putere de convingere pentru noi. Noi vrem să ne fie prezentate proiecte de cercetare individuale bine întemeiate, nu asemenea consideraţii generale, care cu greu pot fi controlate. Să ni se spună despre ce puncte forte este vorba, ce trebuie să se aleagă, vrem să fim informaţi, să participăm la decizii". Această cerinţă este, în general, în mod fundamental îndreptăţită, şi realmente în devizul bugetar al Ministerului Ştiinţei sînt prezentate proiecte individuale care sînt verificate cu grijă de diferite comisii. Dar în privinţa unor asemenea cerinţe nu trebuie să se plece de la iluzii. În general va trebui să se procedeze la expunerea şi împărţirea bugetului federal la fel cum i se întîmplă unui director de institut, de exemplu, aşa cum mi se în-

tîmplă mie atunci cînd schiţez împreună cu colaboratorii planul bugetar al institutului. Multe dintre lucrările propuse nu le pot aprecia eu singur în mod corect. De aceea trebuie să mă bazez pe indicaţiile colaboratorilor mei ; pot face aceasta deoarece mi-am ales colaboratori de încredere. Îmi rămîn însă, pe lîngă aceasta, două criterii în funcţie de care pot lua decizia atunci cînd, aşa cum se întîmplă de multe ori, cunosc prea puţin lucrurile respective. Primul criteriu este succesul ştiinţific al sectorului respectiv. Voi acorda o parte mai mare unui sector al institutului numai dacă acesta, în medie, într-un interval de timp mai mare a avut un succes deosebit, respectiv voi acorda o parte mai mică dacă lucrarea pare a avea perspective mai mici. Al doilea criteriu mi-l oferă comparaţia cu alte institute care lucrează cu succes din străinătate. Dacă constatăm, de exemplu, că în străinătate în institute de cercetare comparabile cu al nostru pentru un om de ştiinţă sînt încadrate trei forţe ajutătoare, atunci voi admite, dacă nu mi se prezintă contraargumente foarte serioase, că şi în institutul nostru va trebui să tindem spre acelaşi raport.

Am amintit deja că cheltuielile publice pentru cercetarea şi dezvoltarea ştiinţifică în alte ţări industriale — Anglia, Franţa, Statele Unite — par a fi aproximativ de două ori mai înalte decît în Republica Federală. Desigur, s-ar putea, în principiu, ca ei să greşească şi numai noi să procedăm bine, dar succesele din ultimii 30 de ani nu vorbesc pentru o asemenea concepţie ; înainte însă nu existau asemenea mari diferenţe. O obiecţie auzită uneori în asemenea discuţii este următoarea : „Nu putem pleca, în legătură cu bugetul, pentru a pregăti planurile noastre, de la asemenea cifre comparative, ci doar de la anumite sume în numerar. Dacă încasările din impozite şi prin

aceasta bugetele ar fi mai mari, atunci am putea prelua alte cheltuieli suplimentare, altfel însă va trebui să restrîngeţi voi înşivă aceste cheltuieli". Cu această obiecţie se pune în mod fundamental problema : cum vor trebui să fie modificate cifrele relative dacă bugetul total va fi mai mare sau mai scăzut ? Dacă o asemenea modificare numerică a nivelului bugetului naţional este condiţionată numai de schimbările de valoare ale banilor, adică de schimbări ale puterii de cumpărare a banilor, atunci aceasta nu va trebui să aibă nici un fel de influenţă asupra distribuirii bugetului. Dacă este însă vorba de modificări pur valorice, dacă deci, de exemplu, ca urmare a scăderii eficacităţii tehnice, încasările din impozite totale valoric nu însă şi numeric devin realmente mai mici, atunci nu se mai poate da acest răspuns simplu. Am putea face în acest caz o comparaţie cu o cunoscută situaţie din agricultură. Dacă recolta dintr-un an a fost slabă, ţăranul va mări partea în mod obişnuit destinată semînţei pentru anul viitor sau o va scădea ? Cercetarea ştiinţifică reprezintă în această comparaţie fondul de sămînţă din care vor trebui să crească, şi în trecut s-au dezvoltat, bunăstarea anilor viitori, veniturile din impozite, o organizare corespunzătoare a statului şi multe altele.

Un răspuns parţial la întrebarea pusă la început sună poate astfel : noi am acordat în deceniul trecut pentru cercetarea ştiinţifică numai circa o jumătate din mijloacele publice care sînt acordate în ţările străine comparabile cu noi, de aceea am avut realizări mai mici. Acest răspuns este probabil prea simplu. Nu cred că realizările ştiinţifice ale unui popor sînt atît de nemijlocit proporţionale cu mijloacele financiare alocate. Aceasta o arată şi exemplul Germaniei de după primul război mondial. Dar, indirect, poate tot există o corelaţie. Procentul bugetar întrebuinţat pentru cercetarea ştiinţifică este o măsură a însemnătăţii care îi este

public atribuită cercetării științifice. Această importanță publică a științei este probabil un foarte important stimulent pentru tînăra generație de a realiza ceva în știință ; și aceasta era în anii '20 foarte înaltă.

Mai înainte am amintit că stilul cercetării s-a schimbat, iar administrația noastră are mari dificultăți să se adapteze acestui stil. Aș dori să scot în evidență aici două probleme, care mi se par a fi deosebit de caracteristice : organizarea marilor institute și dreptul de liberă deplasare a savanților. Marile institute, numite uneori oarecum peiorativ „fabrici de cercetare", sînt institute în care prin mari și costisitoare mijloace tehnice se urmărește un obiectiv de cercetare determinat. Ele au apărut în această formă, în diferite țări, numai după al doilea război mondial ; ele trebuie finanțate din mijloace publice, întrucît nu produc ceva rentabil, sub raport economic, în mod nemijlocit. În Republica Federală amintesc aici ca exemplu stațiile de reactoare Karlsruhe și Jülich, marele accelerator Desy din Hamburg, Institutul pentru fizica plasmei din München-Garching. O formă juridică realmente satisfăcătoare pentru aceste institute nu s-a găsit încă. Formele juridice anterioare, în special forma de organizare a instituției federale, nu sînt prea corespunzătoare. Ele nu sînt adecvate nici în cazul în care guvernul federal este singurul care finanțează proiectele. Forma instituției federale corespunde situației în care este vorba de realizarea continuă a unei munci științifice de rutină, care poate fi întreprinsă de funcționari de încredere, grijulii. Dar ea nu corespunde cazului în care trebuie abordate mereu căi științifice noi, unde curentul puternic al concurenței internaționale obligă la o adaptare permanentă la noile cunoștințe și metode științifice, unde trebuie să existe preocuparea pentru un schimb frecvent de cercetători cu alte institute de cercetare din lume pentru a colabora mereu la frontul cel

mai avansat al științei. Consider foarte important ca aici să reușim noi forme de organizare. S-ar putea folosi tratativele încă neîncheiate asupra Institutului din München-Garching pentru a descoperi unele căi noi și mai bune. În posturile superioare ale acestor institute trebuie să activeze oameni de știință de rang internațional, aceasta înseamnă însă oameni de știință cărora li se propun și din străinătate oferte bune. Aici va fi inevitabilă o anumită acordare la relațiile din străinătate, din America, de la „Euratom" etc. Nu mai putem aplica în continuare formule ale administrației de pînă acum, întrucît astfel nu vom putea cuceri oamenii cu cea mai înaltă calificare.

De exemplu, noi sîntem obișnuiți pînă acum să încheiem cu oamenii de știință contracte tarifare care încep cu salarii relativ modeste, prevăd din doi în doi ani mărirea lor, oferind o bună siguranță pentru o lungă durată, de multe ori pînă la o vîrstă foarte înaintată. În America contractele se încheie de regulă numai pentru trei pînă la cinci ani ; de măriri nici vorbă, însă salariul inițial este cel puțin cu 50% mai înalt. Cei mai îndrăzneți își vor asuma bucuroși riscul unui contract pe trei ani, întrucît ei cred că în trei ani vor putea realiza atît de mult încît să fie din nou angajați. Cei mai puțin îndrăzneți vor prefera siguranța pentru mai tîrziu. Sistemul nostru tarifar face astfel ca cei mai cutezători să plece mereu în America și cei mai puțini productivi să rămînă la noi. Dar nu este vorba în nici un caz numai de poziția materială, adică de cîștigul cercetătorilor respectivi. Un rol la fel de important îl joacă participarea plină de răspundere la cercetările științifice cele mai moderne sau posibilitatea unei libertăți în alegerea colaboratorilor, în colaborarea cu institutele din străinătate, în deplasările la aceste institute sau la congrese etc. Simțim din ce în ce mai mult că formele de administrație vechi, care s-au dovedit corespunzătoare în epocile ante-

rioare, sînt astăzi prea înguste şi tocmai de teama acestora nu mai vor să se întoarcă în ţară tinerii care au lucrat o perioadă în America. Va trebui să punem deci de acord formele noastre administrative cu acelea din lumea externă. Aplicarea rigidă a principiilor administrative va face imposibil un stil modern al muncii de cercetare ştiinţifică, corespunzător vieţii internaţionale.

Ar putea să contribuie, probabil, la îmbunătăţirea situaţiei încetăţenirea şi la noi a unui obicei care în ţările anglo-saxone este demult de la sine înţeles. Acolo se întîlnesc în administraţia de stat oameni care s-au format în domeniul ştiinţei, tehnicii sau economiei şi au o experienţă bogată şi, invers, oameni care au avut funcţii în administraţia de stat trec în posturi administrative de răspundere în institutele de cercetări. O asemenea flexibilitate ar fi extrem de binevenită şi la noi, în Germania Federală. Rigiditatea ar reprezenta aici cel mai mare pericol. Avem greutăţi cu cercetarea ştiinţifică în ţara noastră deoarece vechile noastre forme administrative nu mai corespund noului stil al ştiinţei.

În problemele controversate privind competenţa trebuie, aşa cum a afirmat domnul cancelar federal în declaraţia guvernului, să se realizeze acorduri între federaţie şi landuri care să reglementeze clar şi raţional, la obiect competenţele ; nu mai este nevoie să insistăm aici asupra acestei probleme. În realitate au apărut însă uneori dificultăţi şi acolo unde, conform constituţiei, guvernul federal poartă cea mai înaltă răspundere, şi anume tocmai în cercetarea ştiinţifică. Mă gîndesc aici la mult discutatul titlu 950 din bugetul federal „Promovarea cercetării atomice prin alocaţii pentru modernizarea şi extinderea institutelor ştiinţifice şi a instalaţiilor". De acest titlu depinde încă cercetarea atomică în universităţi. Acest titlu a fost

mult scurtat, în anul trecut, într-un moment relativ mai tîrziu, spunîndu-se că se așteaptă ca landurile să intervină, ținînd seama de rolul lor cultural. Ce s-a întîmplat prin aceasta, aș putea cel mai bine să explic prin exemplul Institutului Max Planck pentru fizică și astrofizică din München, deși consecințele pentru multe institute universitare au fost și mai rele.

Din mijloacele financiare acordate a fost retrasă brusc, ca urmare a acestui ordin, suma foarte înaltă pentru institutul nostru de 700 000 DM. M-am adresat, evident, chiar în ziua în care am primit această comunicare ministerului bavarez al culturii cu întrebarea dacă ne vor putea fi puse la dispoziție de către el mijloacele care ne lipseau. Răspunsul a fost, ușor de înțeles : din păcate nu este posibil, întrucît asupra mijloacelor ministerului bavarez al culturii s-a dispus demult. Așa nu merge deci. Dacă se consideră necesară o măsură și se crede că landurile ar putea-o realiza, ar trebui să se asigure mai întîi că ea realmente va fi realizată. Dacă însă se consideră că acea măsură ar fi necesară, atunci trebuie să se spună aceasta clar și cît mai devreme posibil ; căci numai atunci poate fi condus în mod rațional un institut, dacă se poate ști exact asupra căror mijloace se dispune.

Acum aș dori să mă opresc doar pe scurt asupra unui domeniu al cercetării științifice care ocupă un loc special din cauza faptului că, pe motivul apărării, marile puteri au făcut în cadrul lui eforturi excepționale și deoarece aici împletirea internațională este încă și mai strînsă decît în oricare alte domenii. Am în vedere înainte de toate cercetarea atomică și a spațiului cosmic. Marile puteri investesc în acest domeniu mijloace enorme, deoarece ele se tem — pe drept sau pe nedrept — de a nu fi întrecute chiar în competiția tehnică ce formează baza întregii înarmări. Pentru țările mici, cum este Republica Federală Germania, lipsește acest

ultim motiv, întrucît apărarea este în primul rînd o sarcină a marilor puteri, care atrag pe aliaţi numai într-o mică măsură la sarcinile de apărare. Există însă două temeiuri convingătoare pentru care trebuie să participe la aceste lucrări cu toată energia şi ţări industriale cum este Republica Federală. Enormele eforturi tehnice ale marilor puteri, finanţate din mijloace oficiale, produc o dezvoltare continuă a cunoştinţelor tehnice ; sînt descoperite noi materiale, sînt inventate noi metode, sînt puse în evidenţă noi posibilităţi tehnice ; să ne gîndim la evoluţia aparatelor electronice mici, a maşinilor de calcul, a elementelor de comandă etc. în raport cu proiectarea rachetelor. O ţară care nu lucrează în domeniile mai sus amintite va rămîne în mod treptat în urmă. Îmi aduc aminte de exemplul cu Institutul din München pe care l-am expus chiar la început ; şi o asemenea rămînere în urmă poate avea în perspectivă consecinţe serioase pentru situaţia economică.

Un folos economic nemijlocit nu este legat la început de aceste lucrări, dar despre ele ar putea să fie valabilă indirect cunoscuta parabolă cu ogorul : un părinte lasă fiilor săi moştenire, înainte de moarte, un ogor şi le spune : în el se ascunde o mare comoară, iar atunci cînd eu nu voi mai fi voi va trebui să săpaţi după ea. Aceasta au şi făcut fiii lui, dar nu au găsit nimic în ciuda săpăturilor atente, mereu reluate. Vara următoare însă ogorul a produs recolte mai bune decît în orice an dinainte, iar în cele din urmă ei au înţeles la ce comoară se referea tatăl lor. În acest fel, folosul indirect de pe urma marilor eforturi tehnice poate fi extrem de mare.

Al doilea temei pentru a participa la aceste cercetări, care este poate unul şi mai concludent, constă în exigenţa colaborării internaţionale. Aceste domenii ale cercetării sînt, tocmai din cauza marilor mijloace investite, practicate în comun de multe state. Republica Federală a

fost solicitată să participe la proiectele internaționale cum sînt proiectele de cercetare ale „Euratomului“ la Cern, Esro, Eldo (adică folosirea energiei atomice, fizica energiilor înalte, cercetarea cosmosului și rachetele); Republica Federală a colaborat deja efectiv în ultimii zece ani într-o anumită măsură la instituția internațională Cern din Geneva. Dacă se pune întrebarea cît de mult trebuie să participe Republica Federală la asemenea acțiuni, atunci trebuie să ne fie clar de la început că aici este inevitabilă o limitare din cauza mijloacelor care ne stau la dispoziție. Căci, pe de o parte, contribuțiile la organizațiile internaționale sînt deja considerabile, pe de altă parte, participarea are în general un sens numai dacă ești pregătit să realizezi cu mare energie în propria țară cercetarea respectivă, adică să se investească în propria țară mijloace și mai mari pentru o asemenea cercetare decît pentru organizațiile internaționale. Căci ar fi inutilă contribuția de membru al unei organizații internaționale dacă ea nu ar duce la o dezvoltare rodnică a domeniului respectiv de cercetare în propria țară; or, aceasta se poate face numai atunci cînd pe plan intern se fac eforturi deosebite. Astfel, de exemplu, Republica Federală a tras prea puține foloase din participarea sa la organizația Cern deoarece eforturile noastre în domeniul fizicii energiilor înalte au fost neînsemnate. Sperăm că punerea în funcțiune a marelui accelerator Desy din Hamburg va îmbunătăți mai tîrziu această situație.

Luînd în seamă costul înalt și în creștere pe care îl aduce fiecare asemenea colaborare la proiectele internaționale, în special în interiorul țării, va trebui să se chibzuiască mult la ce se va participa. Nu va fi posibil, cu siguranță, să participăm la toate. Decizia asupra proiectelor care vor fi alese poate fi luată, ca și în cazul formării punctelor forte, numai după o consultare atentă în comisii care să fie alcătuite

din reprezentanți ai ministerelor respective și ai științei și tehnicii. Nici tratativele internaționale nu pot fi purtate satisfăcător fără participarea reprezentanților specialiști din domeniul științei. Dar acolo unde se participă trebuie să se participe cu toată forța, deci și în țară să se facă eforturi mari. Nimic nu este mai puțin îmbucurător, chiar și în domeniul internațional, decît o participare care este promisă, dar care se realizează fără tragere de inimă.

Tocmai despre aceste mari și extraordinar de costisitoare proiecte internaționale, care sînt de fapt acțiuni ale umanității, se întreabă mulți dacă ele sînt absolut necesare, dacă aceste mari mijloace nu ar putea fi folosite mai bine în alt fel. Cred că este important să ne amintim aici că în Republica Federală noi nu avem decît foarte puțin de hotărît în privința lor. Aceste mari proiecte vor fi realizate, indiferent dacă noi participăm sau nu. Noi nu avem de ales decît a fi acolo sau a nu fi. Sîntem, așadar, în aceeași situație cu un elev a cărui clasă a hotărît să facă la vară o excursie comună, să zicem, în Scandinavia. Toți elevii strîng bani, contribuie la adunarea echipamentului, pînzelor de cort, rucsacurilor și se bucură deja de călătorie. Elevul nostru însă nu știe dacă va merge. El se teme de costul excursiei, Scandinavia nu-l interesează în mod deosebit, nici relațiile lui cu ceilalți colegi nu sînt dintre cele mai bune. Va trebui să meargă ? Eu cred că el nu trebuie în nici un caz să se mulțumească să depună 20 DM ca mărturie a bunelor lui intenții. Aceasta nu ar avea nici un sens. Dar ar fi probabil mult mai bine să participe, să meargă într-o țară necunoscută și să se bucure de nou.

La situația noastră actuală aplicat : este absolut sigur că vom putea să păstrăm în propria noastră țară pe cei mai talentați cercetători tineri, să le cîștigăm noi forțele dacă vom participa, dacă ne vom putea bucura de reușitele

marilor proiecte ale umanității. Aș dori să cred că aceasta este valabil pentru cercuri mult mai largi decît pentru tinerii noștri cercetători. Participarea la marile obiective, chiar dacă realizarea lor cere osteneală și muncă, chiar dacă nu putem fi atît de siguri de valoarea lor, este pentru mulți oameni mai mulțumitoare decît numai bunăstarea materială și comoditatea. Eu nu pot împărtăși opinia pesimistă asupra concetățenilor noștri, opinie exprimată adesea în cuvintele : aici se poate impune numai acela care, ca și în cazul alegerilor politice, promite oamenilor mai puțină muncă, mai mult timp liber, comoditate și salarii superioare. Oamenii noștri nu sînt de acest gen. Poate cîștiga inima oamenilor și acela care formulează scopuri înalte și realmente dorește să participe la construirea comună a acestei uimitoare lumi moderne. Căci numai acela care participă poate să influențeze evoluția acestei lumi în sensul pe care îl crede demn de urmat.

LEGEA NATURII ȘI STRUCTURA MATERIEI *

Aici, în această parte a lumii, pe malul Mării Egee, meditau filozofii Leucip și Democrit asupra structurii materiei, iar acolo jos, în piață, discuta Socrate dificultățile fundamentale ale mijloacelor noastre de expresie ; acolo Platon îi învăța pe oameni că Ideea, Imaginea reprezintă structura fundamentală aflată dincolo de fenomene. Întrebările formulate în această țară pentru prima dată acum două milenii și jumătate au preocupat de atunci aproape fără încetare gîndirea umană ; ele au fost mereu dezbătute în decursul istoriei, în momentele în care prin noile evoluții se modifica lumina în care apăreau vechile moduri de gîndire.

Dacă voi încerca astăzi să discut din nou unele din vechile probleme, problema structurii materiei și aceea a conceptului de lege a naturii, aceasta se datorează faptului că evoluția fizicii atomului în vremea noastră a modificat radical reprezentările noastre despre natură și despre structura materiei. Nu este poate o exagerare nepotrivită să se afirme că unele dintre vechile probleme și-au găsit în ultimul timp soluția clară și definitivă. Astfel, astăzi se poate discuta

* Discurs ținut pe colina Pnyx de lîngă Acropole, Atena, la 3 iunie 1964. Apărut inițial într-o ediție bibliofilă (în limbile germană și engleză) în colecția BELSER-PRESSE, *Meilensteine des Denkens und Forschens*, Stuttgart, 1967.

asupra acestui răspuns nou și poate definitiv la acele întrebări care au fost formulate aici cu cîteva milenii în urmă.

Există însă și un temei mai larg pentru a face din aceste probleme obiectul unei reconsiderări. Filozofia materialismului, care a fost dezvoltată în antichitate de Leucip și Democrit, s-a aflat odată cu evoluția științei naturii din secolul al XVII-lea în centrul multor dezbateri, și ea a fost — în forma nouă a materialismului dialectic — una dintre forțele motrice ale transformărilor politice din secolele al XIX-lea și al XX-lea. Dacă reprezentările filozofice asupra structurii materiei pot juca un asemenea rol în viața umană, dacă ele au acționat în civilizația europeană aproape ca un exploziv și poate la fel vor acționa și în celelalte părți ale lumii, atunci este cu atît mai important să știm ce au de spus asupra acestei filozofii cunoștințele noastre științifice actuale. Pentru a ne exprima ceva mai general și mai corect : putem spera că analiza filozofică a noii evoluții a științelor naturii ar putea contribui la înlocuirea opiniilor dogmatice discutabile asupra problemelor fundamentale printr-o acomodare lucidă la o nouă situație, care luată ea singură, în sine, ar putea fi considerată ca o revoluție a vieții umane de pe Pămînt. Dar, chiar dacă facem abstracție de influența științelor naturii asupra timpului nostru, ar putea avea interes compararea discuțiilor filozofice din Grecia antică cu rezultatele științelor experimentale ale naturii și ale fizicii atomice. Poate anticipez deja rezultatul unei asemenea comparații. Pare că în problema structurii materiei Platon a fost mult mai aproape de adevăr decît Leucip sau Democrit, în ciuda enormului succes pe care l-a avut conceptul de atom în știința modernă a naturii. Este însă necesar să repetăm mai întîi unele dintre cele

mai importante argumente care au fost formulate în antichitate în discuțiile asupra materiei și vieții, a existenței și devenirii înainte de a putea aborda rezultatele științelor moderne.

1. *Conceptul de materie în filozofia antică*

La începutul filozofiei grecești se afla dilema „Unului" și „Multiplului". Știm : există o multiplicitate de fenomene senzoriale mereu schimbătoare. Noi credem totuși că în cele din urmă va trebui să fie posibil ca ele să se reducă la un principiu unitar. Încercăm să înțelegem fenomenele, și în măsura în care facem aceasta recunoaștem că orice înțelegere începe cu sesizarea analogiilor și regularităților din lumea fenomenelor. Regularitățile sînt apoi concepute drept consecințe particulare a ceva care este comun diferitelor fenomene și care poate fi, de aceea, numit principiu fundamental. În acest fel trebuie ca orice încercare de a înțelege diversitatea schimbătoare a fenomenelor să devină o căutare a unui principiu care stă la baza acestora. A fost o trăsătură caracteristică a gîndirii în Grecia antică faptul că primii filozofi au căutat o „cauză materială" a tuturor lucrurilor. Aceasta pare mai întîi ca un principiu extrem de natural pentru o lume care este constituită tocmai din materie. De aici însă ajungem într-o dilemă, și anume trebuie să răspundem la întrebarea dacă această cauză materială a tuturor fenomenelor ar putea fi identificată cu una dintre formele existente ale materiei, cum ar fi „apa" în filozofia lui Thales sau „focul" în doctrina lui Heraclit, sau ar trebui admisă o substanță fundamentală căreia materia reală nu-i oferă decît formele trecătoare. Aceste două posibilități au fost elaborate în fi-

lozofia antică, dar nu trebuie să intrăm în discutarea lor în detaliu.

Dacă se urmărește o asemenea idee, atunci principiul fundamental, speranța într-o simplitate a fenomenelor vor fi corelate cu o „substanță fundamentală". Se naște atunci întrebarea în ce loc și în ce fel poate fi formulată simplitatea în comportarea substanței fundamentale. Simplitatea nu este observată nemijlocit în fenomene. Apa se poate transforma în gheață sau ea poate uda florile de pe Pămînt. Dar cele mai mici părți ale apei, care sînt identice, poate, în gheață, în aburi sau în flori, ar putea reprezenta simplul. Comportarea lor ar putea fi determinată de legi simple, iar aceste legi ar putea fi apoi formulate.

În acest fel, conceptul de „cele mai mici părți ale materiei" reprezintă o consecință naturală a tendinței spre simplitate atunci cînd atenția este îndreptată înainte de toate asupra materiei, asupra cauzei materiale a tuturor lucrurilor.

Pe de altă parte, acest concept de „cele mai mici părți ale materiei", ale căror legități pot fi înțelese simplu, conduce imediat la cunoscutele greutăți care sînt corelate cu conceptul de infinit. O bucată de substanță poate fi divizată, părțile pot fi și ele divizate în bucăți și mai mici, acestea vor fi împărțite mai departe etc., dar cu greu ne putem închipui că această divizare ar putea fi continuată mereu, la nesfîrșit. Ne pare firesc să admitem că există părți extrem de mici, care nu mai pot fi împărțite. Pe de altă parte, nu ne putem reprezenta nici faptul că, în principiu, ar putea fi imposibil ca aceste minuscule părți să fie divizate mai departe. Ne putem închipui, cel puțin ideal, părți și mai mici, putem gîndi că la dimensiuni mult mai mici vom întîlni aceleași relații ca și la dimensiunea obișnuită. Sîntem astfel conduși, evident, la dificultăți de propria noastră capacitate de reprezentare atunci cînd încercăm să ne ima-

ginăm procesul unei diviziuni permanente. Acest fapt a fost observat deja de filozofii greci, „ipoteza atomului", reprezentarea unor părți extrem de mici indivizibile putînd fi concepută ca prima cale, naturală, de a ieși din aceste dificultăți.

Întemeietorii doctrinei atomiste, Leucip și Democrit, încercaseră să înlăture greutățile prin acceptarea ideii că atomul ar fi veșnic și indestructibil, el reprezentînd existența autentică, propriu-zisă. Toate celelalte lucruri ar exista numai întrucît ele sînt constituite din atomi. Antiteza dintre „Existență" și „Nonexistență" din filozofia lui Parmenide a fost aici redată mai grosolan prin antiteza dintre „plin" și „vid". Existența nu este doar Unul, ea poate fi repetată de un număr infinit de ori. Existența este indestructibilă, de aceea și atomul este indestructibil. Vidul, spațiul vid dintre atomi, face posibile mișcarea și poziția, face posibile proprietățile atomilor, pe cînd Existența pură, pentru a spune astfel, nu poate avea prin definiție altă proprietate decît pe aceea a ființării pure.

Această ultimă parte a doctrinei lui Leucip și Democrit formează în același timp tăria și slăbiciunea teoriei lor. Pe de o parte, ea oferă o explicație nemijlocită pentru diferitele stări-agregat ale materiei, cum sînt gheața, apa, vaporii de apă, prin faptul că atomii pot sta unii lîngă alții dens împachetați și ordonați sau ei pot fi concepuți ca mișcîndu-se neordonat și neregulat, sau, în fine, ei ar putea fi împrăștiați la distanțe reciproce relativ mari. De aceea, această parte a ipotezei atomului s-a dovedit mai tîrziu extrem de plină de succes. Pe de altă parte, atomul este astfel o piatră de construcție a materiei ; proprietățile, poziția și mișcarea sa în spațiu îl fac ceva cu totul diferit decît se înțelegea prin conceptul originar de „Existență". Atomii pot avea o întindere finită, iar prin aceasta s-a pierdut, în cele din urmă, ultimul argument pentru indivizibilitatea lor. Dacă ato-

mul posedă însuşiri spaţiale, de ce nu ar putea să fie divizat ; cel puţin, indivizibilitatea sa devine o proprietate doar fizică, nu una fundamentală. Pot fi formulate din nou întrebări asupra structurii, şi apare pericolul pierderii acelei simplităţi pe care speram s-o aflăm la cele mai mici părţi ale materiei. Astfel s-a născut impresia că ipoteza atomului, în forma sa originară, nu a fost suficient de subtilă pentru a explica ceea ce filozofii voiau realmente să înţeleagă : ceea ce este simplu în apariţiile şi în structura materiei.

Ipoteza atomului oferă totuşi o bucată de drum în direcţia corectă. Întreaga diversitate a fenomenelor, multiplele însuşiri observabile ale materiei pot fi reduse la poziţia şi mişcarea atomilor. Însuşiri cum ar fi mirosul sau culoarea sau gustul nu sînt proprii atomului. Ele pot fi produse indirect prin poziţia şi mişcarea atomilor. Poziţia şi mişcarea păreau a fi concepte mult mai simple decît calităţile empirice cum sînt gustul, mirosul sau culoarea. Rămîne însă în mod natural întrebarea prin ce sînt determinate poziţia şi mişcarea atomilor. Filozofii greci nu au încercat să formuleze aici o lege a naturii ; conceptul modern de lege a naturii nu corespundea modului lor de gîndire. Oricum ei par a se fi gîndit la o oarecare formă de descriere cauzală, de determinism, întrucît ei vorbeau despre necesitate, cauză şi acţiune.

Ipoteza atomului a fost formulată cu intenţia de a indica drumul de la „mulţi“ la „Unul“, de a formula principiul fundamental subiacent, cauza materială pe baza căreia se pot înţelege toate fenomenele. Atomii puteau fi consideraţi cauza materială, dar numai o lege generală care să determine poziţia şi mişcarea lor putea să joace realmente rolul unui principiu fundamental. Dacă filozofii greci au discutat legitatea naturii, gîndurile lor au fost îndreptate asupra

formelor statice, asupra simetriilor geometrice, nu asupra proceselor din spațiu și timp. Orbitele planetelor, corpurile geometrice regulate apăreau ca structurile neschimbătoare ale lumii. Ideea modernă după care poziția și mișcarea atomilor la un timp determinat ar putea fi corelate univoc printr-o lege matematică cu poziția și mișcarea lor la un timp ulterior nu corespundea orientării modului de gîndire din acea perioadă, deoarece conceptul de timp este întrebuințat de această idee într-o manieră care s-a născut numai în gîndirea unei epoci mult mai tîrzii.

Atunci cînd Platon a atacat el însuși problema schițată de Leucip și Democrit, el a preluat reprezentarea despre cele mai mici părți ale materiei, dar el a contrazis strict tendința acelei filozofii care accepta atomul ca fundament al întregii existențe, ca singurul obiect material realmente existent. Atomii lui Platon nu erau propriu-zis materie, ei au fost concepuți ca forme geometrice, ca acele corpuri regulate ale matematicienilor. Aceste corpuri erau, în acord cu premisele filozofiei sale idealiste, într-un anumit mod, ideile care stăteau la baza structurii materiei și care caracterizau comportarea fizică a elementelor cărora ele le aparțineau. Cubul, de exemplu, era cea mai mică particulă a elementului Pămînt și prin aceasta simboliza, în același timp, stabilitatea Pămîntului. Tetraedrul, cu vîrfurile lui ascuțite, reprezenta cea mai mică parte a elementului Foc. Icosaedrul, care între corpurile regulate se apropie cel mai mult de sferă, reprezenta mobilitatea elementului Apă. În acest fel, corpurile regulate puteau reprezenta simbolurile unor anumite tendințe ale comportării fizice a materiei.

Ele nu erau însă propriu-zis atomi, nu erau unități fundamentale indivizibile în sensul filozofiei materialiste. Platon le considera ca fiind compuse din triunghiuri, care formau suprafe-

țele lor exterioare ; și de aceea aceste părți infime puteau fi transformate unele în altele prin substituirea triunghiurilor. De exemplu, doi atomi de aer și un atom de foc puteau să compună un atom de apă. În acest fel Platon a putut depăși problema divizibilității infinite a materiei. Deoarece triunghiurile erau suprafețe bidimensionale, nu corpuri, nu mai erau materie, de aceea materia nu mai putea fi divizată la infinit. Conceptul de materie se dizolvă astfel, la limita inferioară, adică în domeniul celor mai mici dimensiuni spațiale, în conceptul de formă matematică. Această formă este determinată mai întîi pentru comportarea celor mai mici părți ale materiei și după aceea pentru comportarea materiei înseși. Ea înlocuiește într-o anumită măsură legea naturii din fizica ulterioară ; întrucît ea caracterizează, fără a se raporta explicit la procesul temporal, tendințele în comportarea materiei. S-ar putea spune că tendințele fundamentale au fost reprezentate prin forma geometrică a celor mai mici unități, în timp ce particularitățile mai fine ale acestor tendințe își găseau expresia în poziția reciprocă și viteza acestor unități.

Această întreagă descriere corespunde exact imaginii centrale a filozofiei idealiste a lui Platon. Structura care stă la baza fenomenelor nu este dată prin obiecte materiale cum sînt atomii lui Democrit, ci prin forma care determină obiectele materiale. Ideile sînt mai fundamentale decît obiectele. Și, deoarece cele mai mici părți ale materiei trebuiau să fie obiectele în care să se poată recunoaște simplitatea lumii, prin care să ne apropiem de „Unul", de „Unitatea" lumii, ideile puteau fi descrise matematic ; ele sînt simple forme matematice. Teza, care în această formă provine de la o perioadă mai tîrzie a filozofiei, „Dumnezeu este un matematician" își are rădăcina în acest punct al filozofiei platoniciene.

Importanța acestui pas în gîndirea filozofică nu se poate aprecia îndeajuns de mult. El poate fi considerat ca începutul decisiv al științei matematice a naturii și prin aceasta el ar putea fi făcut răspunzător și pentru aplicațiile tehnice ulterioare, care au schimbat în întregime imaginea lumii. Tocmai cu acest pas s-a fixat și ceea ce va trebui să semnifice cuvîntul „a înțelege". Dintre toate formele posibile ale înțelegerii a fost aleasă forma care se practică în matematică ca înțelegerea „propriu-zisă". În timp ce totuși orice limbaj, orice artă, orice poezie ne oferă într-o manieră anumită înțelegerea, se afirmă aici că numai întrebuințarea unui limbaj precis, logic închis, a unui limbaj care să poată fi formalizat atît de mult încît să devină posibile demonstrațiile, numai ea ne poate duce la adevărata înțelegere. Se înțelege cît a fost de puternică impresia pe care a făcut-o puterea de convingere a argumentelor logice și matematice asupra filozofilor greci. Ei au fost pur și simplu copleșiți de această putere. Dar au capitulat poate în acest punct prea devreme.

2. *Răspunsul științelor moderne ale naturii la problemele antice*

Deosebirea cea mai importantă dintre științele moderne ale naturii și filozofia naturii antică se întemeiază pe metodele întrebuințate. În timp ce în folozofia antică era considerată suficientă cunoașterea empirică a fenomenelor naturii pentru a se trage concluzii asupra principiilor subiacente, o trăsătură caracteristică a științei moderne este aceea de a efectua experimente, adică de a pune naturii întrebări specifice, ale căror răspunsuri ar putea oferi apoi informații asupra legităților. Această metodă diferită conduce mai departe la un mod de cercetare complet diferit. Atenția nu se mai în-

dreaptă atît de mult asupra legilor de bază cît mai mult asupra regularităţilor din fenomenele particulare. Ştiinţele naturii se dezvoltă, pentru a spune astfel, pe baza unei alte intenţii, nu aceea a legilor generale, ci a grupurilor de fenomene individuale în cadrul cărora natura ne-a răspuns la întrebările noastre experimentale. Din timpul în care Galilei, conform legendei, a lăsat să cadă piatra sa din Turnul din Pisa pentru a studia legile căderii, ştiinţele naturii se ocupă cu particularităţile celor mai diferite evenimente, cu pietre care cad, cu mişcarea Lunii în jurul Pămîntului, cu undele de apă, cu razele de lumină care sînt descompuse printr-o prismă ş.a.m.d. Însuşi Isaac Newton, atunci cînd a făcut în capodopera sa, *Principia mathematica*, inteligibile diferitele procese mecanice printr-o lege unitară, îşi orientase atenţia asupra detaliilor care puteau fi derivate din principiul matematic fundamental. Rezultatul corect al derivării detaliilor, adică acela care corespunde experienţei, era considerat criteriul decisiv pentru valabilitatea teoriei.

Această modificare a întregii modalităţi de a considera cunoaşterea a avut şi alte consecinţe importante. O cunoaştere precisă a particularităţilor individuale poate fi folositoare practicii. Ea dă posibilitate omului să dispună de fenomene, în cadrul unor anumite limite, după voinţa sa. Aplicaţiile tehnice ale ştiinţei moderne ale naturii au început astfel prin cunoaşterea detaliilor. Prin aceasta îşi modifică în mod considerabil semnificaţia şi conceptul de „lege a naturii“ ; greutatea principală nu mai cade pe universalitate, ci pe consecinţele care privesc aspectele particulare. Legea devine o instrucţiune pentru aplicaţiile tehnice. Drept cea mai importantă trăsătură a legii naturii este acum considerată posibilitatea ei de a întemeia previziunea asupra a ceea ce se va petrece într-un experiment dat.

Se poate înțelege ușor că conceptul de timp trebuie să joace într-o asemenea știință un rol diferit decît acela din filozofia antică. Într-o lege a naturii nu va fi formulată o structură veșnică, imuabilă, ci este vorba despre regularitatea din cadrul modificărilor ce se petrec în timp. Dacă o lege a naturii de acest gen este formulată într-un limbaj matematic exact, atunci imediat se propun un mare număr de experimente diferite, pe care el le-ar putea realiza pentru a verifica corectitudinea legii afirmate. O singură neconcordanță dintre teorie și experiment ar putea infirma teoria. Această situație dă formulării matematice a unei legi a naturii o enormă greutate. Dacă toate faptele experimentale cunoscute corespund cu evenimentele care pot fi deduse matematic din lege, atunci devine extraordinar de greu să ne îndoim de valabilitatea universală a legii. De aceea este de înțeles de ce *Principia* a lui Newton au dominat științele naturii mai mult de două secole.

Dacă se urmărește istoria fizicii de la Newton pînă astăzi se poate recunoaște că, în ciuda interesului pentru detalii, au fost formulate în mai multe rînduri legi ale naturii foarte generale. În secolul al XIX-lea a fost elaborată exact termodinamica statistică. Teoria cîmpurilor electromagnetice și teoria specială a relativității au putut fi unite într-un grup foarte general de legi ale naturii care conțin enunțuri nu doar asupra fenomenelor electrice, ci și asupra structurii spațiului și timpului. În secolul nostru, formularea matematică a teoriei cuantice a condus la o înțelegere a multitudinii deosebite de atomi chimici și, prin aceasta, a proprietăților chimice ale materiei în general. Relațiile și legăturile dintre aceste legi diferite, în special dintre teoria relativității și teoria cuantică, nu au fost încă suficient clarificate. Însă cea mai recentă evoluție a fizicii particulelor elementare îndreptățește speranța că aceste re-

lații vor putea fi analizate satisfăcător într-un viitor relativ apropiat. De aceea s-ar putea considera de pe acum ce răspuns ar putea fi dat la întrebările filozofilor antici plecînd de la această întreagă evoluție științifică.

În timpul secolului al XIX-lea, evoluția chimiei și a termodinamicii a urmat îndeaproape reprezentările care au fost formulate pentru prima dată de Leucip și Democrit. Reluarea filozofiei materialiste în forma ei modernă, aceea a materialismului dialectic, a reprezentat, de aceea, replica naturală față de progresul uimitor care s-a realizat în acea perioadă în chimie și fizică. Conceptul de atom s-a dovedit extrem de rodnic în explicarea legăturilor chimice sau a comportării fizice a gazelor. Desigur, s-a constatat mai tîrziu că particulele care au fost numite de chimiști atomi sînt alcătuite din unități și mai mici. Dar aceste elemente și mai mici, electronii, apoi nucleul atomic și, în cele din urmă, particulele elementare, protonii și neutronii, păreau a fi tocmai atomi chiar în sensul filozofiei materialiste. Faptul că o particulă elementară individuală ar putea fi cel puțin observată — de exemplu într-o cameră Willson sau cu bule — sprijină ideea că cele mai mici unități ale materiei ar fi realmente obiecte fizice, care ar exista în același sens cu, de exemplu, pietrele sau florile.

Dar dificultățile imanente doctrinei atomice materialiste, care deveniseră evidente deja în discuțiile antice asupra celor mai mici particule, au apărut pe prim plan foarte clar și în evoluția fizicii din secolul nostru. Mai întîi este problema divizibilității nesfîrșite a materiei. Așa-numiții atomi ai chimistului s-au dovedit a fi compuși din nuclee și electroni. Nucleul atomic a fost divizat în protoni și neutroni. Nu este posibil, așa trebuie să ne întrebăm, ca și particulele elementare să fie mai departe vizibile ? Dacă răspunsul la această întrebare sună „da", atunci particulele elementare nu sînt

atomi în sensul grecilor, nu sînt unităţi indivizibile. Dacă el sună „nu", atunci trebuie să se explice de ce ele nu mai pot fi divizate mai departe. Pînă acum a fost însă mereu posibil ca, în cele din urmă, să fie despicate şi acele particule care au fost multă vreme considerate ca cele mai mici unităţi dacă pentru aceasta se întrebuinţau forţe suficient de mari. De aceea era uşor să se admită că prin mărirea forţelor, adică, simplu, prin mărirea energiei în cazul ciocnirilor particulelor, vor putea fi divizaţi, în cele din urmă, şi neutronii şi protonii. Sau aceasta ar fi însemnat probabil că în general nu se ajunge la un sfîrşit, că nu există asemenea cele mai mici elemente ale materiei. Înainte de a intra în discutarea soluţiei actuale a acestei probleme trebuie să amintesc şi cea de-a doua dificultate.

Această dificultate se referă la întrebarea dacă cele mai mici unităţi sînt obiecte fizice obişnuite, dacă ele există în aceeaşi modalitate cu pietrele sau florile. Aici dezvoltarea teoriei cuantice în urmă cu circa 40 de ani a creat o situaţie complet modificată. Legile formulate matematic ale teoriei cuantice arată clar că noţiunile noastre intuitive obişnuite nu mai pot fi întrebuinţate într-o manieră neambiguă pentru cele mai mici particu'e. Toate cuvintele sau conceptele cu care descriam obiectele fizice obişnuite, cum ar fi poziţia, viteza, culoarea, mărimea etc., devin nedeterminate şi problematice dacă vom încerca să le aplicăm la cele mai mici particule. Nu pot aici să intru în detaliile acestei problematici, atît de des discutată în ultimele decenii. Este însă important să se constate că, în timp ce comportarea celor mai mici particule nu poate fi descrisă neambiguu în limbajul obişnuit, limbajul matematic este totuşi suficient pentru a stabili univoc stările de lucruri.

Cele mai recente progrese din domeniul fizicii particulelor elementare au oferit şi o soluţie la prima problemă numită mai sus, la enigma privitoare la divizibilitatea infinită a materiei,

În diferite regiuni ale lumii au fost construite, după război, mari acceleratoare pentru ca, dacă e posibil, să fie divizate mai departe și cele mai mici particule. Rezultatele se arată a fi foarte surprinzătoare pentru cei care nu au învățat că noțiunile noastre obișnuite nu corespund celor mai mici unități ale materiei. Dacă două particule elementare cu o energie extrem de înaltă se ciocnesc, atunci, de regulă, ele se transformă realmente în părți, adesea chiar în multe asemenea părți, dar părțile nu sînt mai mici decît particulele care sînt divizate. Independent de energia de care se dispune (cu condiția ca aceasta să fie suficient de mare), se nasc în asemenea ciocniri mereu același gen de particule, pe care le cunoaștem de un număr de ani. Chiar în razele cosmice, în care energia de care dispune o particulă poate fi de mii de ori mai mare decît aceea din cele mai mari acceleratoare, nu au fost găsite alte particule sau particule mai mici. Sarcina lor, de exemplu, poate fi măsurată ușor și ea este întotdeauna un multiplu întreg al sarcinii electronului sau egală cu aceasta.

De aceea, aceste procese de ciocnire se pot cel mai bine descrie nu prin a afirma că particulele care se ciocnesc s-ar divide, ci vorbind de apariția unor noi particule din energia de ciocnire în acord cu legile teoriei relativității. Se poate spune că toate particulele sînt făcute din aceeași substanță fundamentală, pe care am putea-o numi energie sau materie ; sau s-ar putea formula astfel : substanța fundamentală „Energie“ devine „Materie“ prin aceea că ea se emite în forma unei particule materiale. În acest mod, noile experimente ne-au instruit că ambele afirmații aparent contradictorii „Materia este infinit divizibilă“ și „Există cele mai mici unități ale materiei“ pot fi puse în acord, fără a intra în dificultăți logice. Acest rezultat surprinzător subliniază din nou faptul că no-

ţiunile noastre obişnuite nu pot fi aplicate neambiguu la aceste unităţi elementare.

În anii care vor urma, acceleratorii cu energii înalte ne vor pune la dispoziţie un număr şi mai mare de detalii asupra comportării particulelor elementare. Dar aş dori să cred că răspunsul formulat mai sus la problemele filozofice antice se va dovedi definitiv. Dacă se va întîmpla astfel, acest răspuns dă dreptate concepţiei lui Democrit sau celei a lui Platon ?

Cred că fizica modernă a decis în acest punct în mod decisiv în favoarea lui Platon. Deoarece cele mai mici unităţi ale materiei nu reprezintă, de fapt, obiecte fizice în sensul obişnuit al cuvîntului, ci ele sînt forme, structuri sau — în sensul lui Platon — idei, asupra cărora putem să vorbim neambiguu numai în limbajul matematicii. Speranţa comună a lui Democrit şi Platon fusese aceea ca prin cele mai mici unităţi ale materiei să se apropie de „Unul", de principiul unitar care reglează mersul cosmosului. Platon era convins că acest principiu va putea fi exprimat şi înţeles numai în formă matematică. În prezent, problema centrală a fizicii teoretice este formularea matematică a legilor naturii care stau la baza comportării particulelor elementare. Conchidem din situaţia experimentală că o teorie satisfăcătoare a particulelor elementare va trebui să fie în acelaşi timp o teorie a fizicii în general ; prin aceasta, o teorie a tuturor fenomenelor care aparţin fizicii.

În acest fel ar putea fi formulat un program, care a apărut în epoca contemporană mai întîi în opera lui Einstein : ar putea fi formulată o teorie unitară a materiei — totodată şi o teorie cuantică a materiei — care să servească drept fundament fizicii în toată generalitatea ei. Deocamdată încă nu ştim dacă formele matematice care au fost propuse pentru acest principiu unitar sînt suficiente ori vor trebui înlocuite prin forme şi mai abstracte. Cunoştinţele noastre actuale asupra particulelor elementare sînt însă

cu siguranță suficiente pentru a ne da seama care va trebui să fie conținutul principal al acestei legi. Ea va trebui să reprezinte în esență un mic număr de proprietăți de simetrie ale naturii, care sînt empiric cunoscute de cîteva decenii, iar pe lîngă aceste simetrii ea va trebui să conțină principiul cauzalității, înțeles în sensul teoriei relativității. Dintre simetrii, cele mai importante sînt așa-numitul grup Lorentz al teoriei speciale a relativității, care conține afirmațiile decisive asupra spațiului și timpului, și așa-numitul grup isospin, care are de-a face cu sarcina electrică a particulelor elementare. Există și alte simetrii, de care însă nu putem vorbi aici. Cauzalitatea relativistă este legată de grupul Lorentz, ea însă trebuie să fie valabilă ca un principiu independent.

Această situație ne amintește imediat de corpurile simetrice pe care le-a introdus Platon pentru a explica structurile fundamentale ale materiei. Simetriile lui Platon nu erau cele corecte, dar el avea dreptate în convingerea că, în cele din urmă, în centrul naturii, la nivelul celor mai mici unități ale materiei, se vor găsi simetriile matematice. Faptul că filozofii antici au formulat întrebările corecte a fost o realizare incredibilă. Nu ne puteam aștepta ca ei — fără cunoașterea tuturor detaliilor empirice — să fi putut găsi și răspunsurile corecte pînă la detalii.

3. *Consecințe pentru dezvoltarea gîndirii umane în epoca noastră*

Căutarea „Unului", a celor mai adînci izvoare ale oricărei înțelegeri, a reprezentat într-o egală măsură originea religiei și a științei. Dar metoda științifică care s-a dezvoltat în secolele al XVI-lea și al XVII-lea, interesul pentru detaliul verificabil experimental au orientat pentru

multă vreme știința pe alt drum. Nu este surprinzător că această atitudine a putut să ducă la un conflict între știință și religie atîta vreme cît o legitate contrazicea în elementele particulare, într-un detaliu poate deosebit de important, imaginea generală, modul în care s-a vorbit asupra acestor fapte în religie. Acest conflict, care a început în epoca modernă cu celebrul proces împotriva lui Galilei, a fost adesea destul discutat ; nu aș dori să repet aici aceste discuții. Poate ne-am putea aminti de faptul că încă în Grecia antică Socrate a fost condamnat la moarte întrucît teoria sa părea să contrazică religia tradițională. În secolul al XIX-lea, acest conflict a atins punctul maxim în încercarea unor filozofi de a înlocui religia creștină printr-o filozofie științifică, care se întemeia pe versiunea materialistă a dialecticii lui Hegel. S-ar putea spune că oamenii de știință au încercat din nou să găsească drumul de la multiplicitatea particularului la „Unul" prin aceea că ei și-au orientat atenția asupra interpretării materialiste a „Unului". Dar nici aici nu poate fi ușor vindecată ruptura dintre „Unul" și „Mulți". Nu este o pură întîmplare că în unele state în care în secolul nostru materialismul dialectic a fost transformat în profesiune de credință oficială conflictul dintre știință și teoria recunoscută nu poate fi complet evitat. Căci și aici un rezultat științific particular, un rezultat al unor observații noi poate să intre, evident, în contradicție cu doctrina oficială. Dacă este adevărat că armonia într-o comunitate se naște din relația ei cu „Unul" — în orice noțiuni s-ar vorbi despre „Unul" —, atunci se poate ușor înțelege că o contradicție evidentă între un rezultat științific particular, încetățenit, și modul recunoscut de a vorbi despre „Unul" devine o problemă serioasă. Istoria ultimelor decenii conține mai multe exemple de dificultăți politice care au avut un astfel de punct de plecare. Din aceasta se poate învăța că nu este vorba în pri-

mul rînd de o luptă între două doctrine care se contrazic, cum ar fi materialismul și idealismul, ci de disputa dintre metoda științifică, anume aceea a explorării particularului, pe de o parte, și relația comună față de „Unul", pe de altă parte. Marele succes al metodei științifice, cu încercările și erorile ei, exclude în epoca noastră acea definiție a adevărului care nu rezistă criteriilor stricte ale acestei metode. În același timp însă pare a fi un rezultat sigur al științelor sociale ideea că ponderea internă a unei societăți, cel puțin într-o măsură determinată, se întemeiază pe o relație comună cu „Unul". De aceea căutarea acestuia nu poate fi uitată.

Dacă știința modernă contribuie cu ceva la rezolvarea problemei, aceasta se întîmplă nu pentru că ea ar decide în favoarea sau în contra uneia dintre aceste doctrine ; de exemplu, așa cum poate s-a crezut în secolul al XIX-lea, în favoarea materialismului și împotriva filozofiei creștine sau, așa cum cred eu acum, în favoarea idealismului lui Platon și împotriva materialismului lui Democrit. Dimpotrivă, în cazul acestei probleme putem trage anumite foloase din progresul științelor moderne ale naturii înainte de toate prin faptul că noi învățăm cît de prevăzători trebuie să ne comportăm cu limbajul, cu semnificațiile cuvintelor. De aceea aș dori să folosesc ultima parte a discursului meu pentru cîteva observații asupra problemei limbajului în științele moderne ale naturii și în filozofia antică.

Dacă am putea să dăm crezare aici dialogurilor lui Platon, granițele inevitabile ale mijloacelor noastre de expresie constituiau deja tema centrală în filozofia lui Socrate ; s-ar putea chiar spune că întreaga sa viață a fost o luptă necontenită cu aceste limite. Socrate nu ostenea deloc să explice concetățenilor săi pe străzile Atenei că ei nu știu exact ce înțeleg prin cuvintele pe care le întrebuințează. Se povestește

că unul dintre oponenții lui Socrate, un sofist, enervîndu-se că Socrate reveneau mereu la această insuficiență a limbajului, l-a criticat și i-a spus : „Dar, Socrate, este totuși plictisitor ; tu spui mereu același lucru despre același lucru". Socrate ar fi răspuns : „Voi, sofiștii, însă, care sînteți atît de inteligenți, nu spuneți poate niciodată același lucru despre același lucru".

Cauza pentru care Socrate a pus atît de mult accentul pe această problemă a limbajului era aceea că el știa, pe de o parte, cît de multe neînțelegeri pot fi produse de o întrebuințare superficială a limbajului, cît de important este să se folosească expresii precise și să se clarifice conceptele înainte de a le fi folosit. Pe de altă parte, îi era, de asemenea, clar și faptul că aceasta trebuie să reprezinte, în cele din urmă, o sarcină insolubilă. Situația cu care noi sîntem confruntați în încercarea de a „înțelege" ne poate duce la concluzia că mijloacele noastre de expresie existente nu permit o descriere clară și neambiguă a stărilor de fapt.

Divergența dintre exigența unei claritățI complete și insuficiența inevitabilă a conceptelor existente s-a manifestat deosebit de pregnant în științele moderne ale naturii. În fizica atomică folosim un limbaj matematic extrem de elaborat, care corespunde tuturor pretențiilor referitoare la claritate și precizie. În același timp recunoaștem că nu putem exprima în mod neambiguu fenomenele atomice într-o limbă naturală oarecare ; de exemplu, nu putem vorbi neambiguu asupra comportării electronului în interiorul unui atom. Ar fi o concluzie pripită să pretindem acum că vom înlătura aceste dificultăți dacă ne vom limita la folosirea limbajului matematic. Aceasta nu este realmente o ieșire, întrucît noi nu știm cît de departe poate fi aplicat limbajul matematic la fenomene. În cele din urmă, și știința trebuie să se bizuie pe limbajul obișnuit, singurul despre care sîntem siguri că prin el putem realmente cuprinde fenomenele.

Această situație aruncă o anumită lumină asupra divergenței amintite dintre metoda științifică și relația societății cu „Unul", cu principiul subiacent fenomenelor. Pare de la sine înțeles că această ultimă relație nu poate fi sau nu trebuie să fie exprimată într-un limbaj precis foarte artificial, a cărui aplicabilitate la realitate ar putea fi extrem de restrînsă. Pentru acest scop este proprie numai limba naturală, care trebuie înțeleasă de către toți. Rezultate serioase ale științei pot fi obținute însă numai prin stipulări univoce, aici nu putem reuși fără precizia și claritatea unui limbaj matematic abstract.

Această necesitate de a media permanent între cele două limbaje este în mod nefericit un izvor permanent de neînțelegeri, întrucît adesea se folosesc aceleași cuvinte în ambele limbaje. Această dificultate nu poate fi înlăturată. Ne-ar putea fi însă de un anumit folos să ne reamintim că știința modernă a naturii trebuie să folosească ambele limbaje, că același cuvînt poate avea sensuri foarte diferite în ambele limbaje, că sînt valabile diferite criterii de adevăr și că, de aceea, nu trebuie să vorbim prea repede despre contradicții.

Dacă dorim să ne apropiem de „Unul" în conceptele precise ale unui limbaj științific, atunci trebuie să avem în vedere centrul științelor naturii descris deja de Platon, în care se află simetriile matematice fundamentale. În modul de gîndire al acestui limbaj trebuie să ne mulțumim cu constatarea : „Dumnezeu este matematician" ; căci în mod voit ne-am limitat privirea la acel domeniu al existenței care poate fi înțeles (în sensul matematic al cuvîntului „a înțelege"), care poate fi descris rațional.

Platon însuși nu s-a mulțumit cu această limitare. După ce el a arătat cu o extremă claritate posibilitățile și limitele limbajului precis, s-a îndreptat spre limbajul poetului, care

produce reprezentări în ascultător, care îi mijlocește o cu totul altă modalitate de înțelegere. Nu pot discuta aici ce poate însemna realmente acest gen de înțelegere. Probabil că aceste imagini sînt legate de formele inconștiente ale gîndirii noastre, desemnate de psihologi ca arhetipuri, forme de un puternic caracter emoțional, care oglindesc într-o oarecare modalitate structurile intime ale lumii. Dar, oricare ar putea fi explicația acestor alte forme ale înțelegerii, limbajul imaginilor și parabolelor este, probabil, singurul mod de a ne apropia aici de „Unul" într-un cadru mai general. Dacă armonia dintr-o societate se întemeiază pe interpretarea comună a „Unului", a principiului unitar subiacent fenomenelor, atunci în acest punct limbajul poetului ar putea fi mai important decît acela al științei.

IMAGINEA NATURII LA GOETHE ȘI LUMEA TEHNICII ȘI ȘTIINȚEI *

Imaginea lui Goethe despre natură și lumea tehnicii și științei, această temă este la fel de veche ca și străduințele lui Goethe de a înțelege natura, ca și propria sa știință a naturii ; căci Goethe a trăit el însuși începuturile lumii tehnice și natural-științifice care ne înconjură astăzi. Asupra acestei problematici s-au spus multe de către el, de către contemporanii lui, de savanții și filozofii de după el. Știm de multă vreme ce mare importanță a avut în viața lui Goethe această problemă ; știm, de asemenea, că toate aspectele lumii noastre actuale sînt puse în discuție dacă vom măsura realizările noastre tehnico-științifice cu exigențele lui Goethe. S-a arătat de multe ori cît de sensibil a reacționat Goethe la prăpastia dintre teoria sa a culorilor și optica newtoniană, general recunoscută, cît de furtunoasă și neobiectivă a fost uneori polemica sa împotriva lui Newton ; s-a observat, de asemenea, că există o legătură între critica romantismului, între atitudinea sa atît de negativă față de arta romantică și polemica sa cu științele dominante ale naturii. Despre toate acestea s-a spus și s-a scris

* Conferință ținută la reuniunea Societății Goethe de la Weimar, 21 mai 1967. Apărută inițial în *Goethe-Neue Folge des Jahrbuchs der Goethe-Gesellschaft*, Editor Andreas B. Wachsmuth, vol. 29, Weimar, Herman Böhlaus Nachf., 1967, p. 27—42.

atît de mult, problematica ce stă la baza lor a fost atît de temeinic iluminată încît nu a mai rămas nimic altceva decît să se urmeze ceva mai departe ideile care au fost adesea exprimate, verificîndu-le pe baza unei cunoaşteri a lumii ştiinţei şi tehnicii contemporane, în special a celei mai noi evoluţii a ştiinţelor naturii. Lucrul acesta vom încerca să-l facem în cele ce urmează. Nu ne vom lăsa conduşi apriori de concepţia pesimistă, exprimată, de exemplu, de Karl Jaspers, după care Goethe nu mai are să ne spună astăzi în această privinţă nimic, tocmai întrucît el s-a închis în faţa acelei lumi tehnice care se înălţa, deoarece el nu a înţeles sarcina de a găsi un drum omului în această nouă lume. Mai degrabă dorim să admitem exigenţele lui Goethe, să le opunem lumii noastre actuale tocmai deoarece nu avem un temei atît de mare pentru pesimism. În cei 150 de ani care s-au scurs de cînd Goethe medita şi scria poeme despre fenomenul originar al genezei culorilor, lumea s-a dezvoltat cu totul altfel decît sperase Goethe. Ea nu a fost însă definitiv acaparată de diavolul cu care Faust a încheiat pactul său periculos ; trebuie să recunoaştem aceasta, în ciuda criticilor prea duri ai epocii noastre. Să revedem deci vechea controversă cu ochii noştri de azi.

Pentru Goethe, orice cercetare a naturii şi orice înţelegere a naturii începeau cu impresia senzorială nemijlocită ; aşadar, nu cu un fenomen individual filtrat prin aparate, într-o anume măsură smuls naturii, ci cu procesele libere ale naturii, deschise nemijlocit simţurilor noastre. Să luăm un pasaj oarecare din paragraful *Culorile fiziologice* din teoria culorilor a lui Goethe. Coborîrea pantelor înzăpezite ale munţilor Brocken într-o seară de iarnă dă prilejul următoarei observaţii : „În timpul zilei putusem deja să remarc că, în contrast cu tonul

gălbui al zăpezii, umbrele păreau ușor violete ; mă așteptam să le văd colorîndu-se în albastru aprins pe măsură ce valurile de zăpadă deveneau de un galben mai închis. Atunci cînd soarele era pe punctul dispariției la orizont, atunci cînd printre negurile serii razele lui viu colorate proiectau un văl de purpură pe lumea care mă înconjura, atunci culoarea umbrelor s-a schimbat, ele îmi apărură de un verde la fel de clar ca verdele valurilor marine și de o frumusețe comparabilă cu aceea a smaraldului ; apariția devenea din ce în ce mai strălucitoare ; mă puteam crede transportat într-o lume a zînelor, căci totul se acoperise de aceste două culori vii și armonioase. După apusul soarelui, această apariție de basm a dispărut într-un crepuscul cenușiu și, insesizabil, într-o noapte iluminată de lumina palidă a lunii și a stelelor". Goethe însă nu se oprește la observația nemijlocită. El știa bine că impresia nemijlocită se poate transforma în cunoaștere numai călăuzită de o conexiune, la început doar bănuită, devenită apoi prin succes certitudine. Voi cita ca exemplu un pasaj din *Teoria culorilor* : „Simpla privire a celor înfățișate nu ne poate fi de folos. Orice privire devine contemplare, orice contemplare duce la reflecție, orice reflecție duce la stabilirea unor legături, și astfel am putea spune că deja prin orice privire atentă asupra lumii teoretizăm. S-o facem însă cu bună-știință, cu autocunoaștere, cu libertate și, pentru a ne folosi de un cuvînt îndrăzneț, cu ironie ; o asemenea dibăcie e necesară dacă vrem ca abstracția, de care ne temem, să devină inofensivă și ca rezultatul experienței, pe care sperăm să-l obținem, să fie viu și folositor".

„Abstracția de care ne temem". Prin aceasta s-a și desemnat exact locul în care drumul goethean trebuia să se separe de științele naturii ale timpului. Goethe știa că întreaga cunoaștere

are nevoie de imagini, de legături, de structuri interpretative. Fără ele cunoașterea ar fi imposibilă. Dar drumul spre aceste structuri conduce mai tîrziu, în mod inevitabil, la abstracție. Acest fapt îl constatase Goethe chiar în cazul cercetărilor asupra morfologiei plantelor. În formele atît de diferite ale plantelor, pe care le cercetase în mod deosebit în excursia sa din Italia, Goethe credea că se poate recunoaște din ce în ce mai clar, la un studiu amănunțit, un principiu interior unitar. El vorbea despre „forma esențială cu care natura se joacă parcă mereu și, astfel, jucîndu-se produce multiplicitatea vieții", iar de aici a ajuns la reprezentarea unui fenomen originar, o plantă originară. „Cu acest model... — scrie Goethe — și cu cheia acestuia se pot inventa după aceea la infinit plante care, chiar dacă nu există încă, ar putea să existe totuși, posedînd adevăr și necesitate internă". Aici Goethe se află în fața granițelor abstracției de care se temea. Goethe nu a reușit să depășească el însuși aceste granițe. El a amenințat și a prevenit pe fizicieni și filozofi să se comporte în același mod. „Dacă s-ar găsi totuși un asemenea fenomen originar, rămîne încă mereu necazul că el nu va fi recunoscut ca atare, că noi căutăm încă dincolo de el și deasupra lui un altceva, întrucît aici ar trebui să ne mărturisim granițele intuiției. Cercetătorul naturii să lase fenomenul originar să rămînă în veșnica lui liniște și măreție". Granițele spre abstract nu trebuie deci depășite. Acolo unde s-au atins limitele intuiției, nu mai trebuie urmat drumul prin care aceasta să fie înlocuită prin gîndirea abstractă. Goethe a fost convins că ruperea de lumea reală, sensibilă, intrarea în acel domeniu fără limite al abstracției, va trebui să ducă la mult mai mult rău decît bine.

Științele naturii apucaseră încă de la Newton o altă cale. Ele, de la început, nu s-au temut de abstracție, iar succesele lor în explicarea sis-

temului planetar, în aplicarea practică a mecanicii, în construcţia aparatelor optice şi a multor altora le-au dat, evident, dreptate şi le-au făcut să nu dea atenţie prevenirilor lui Goethe. Aceste ştiinţe ale naturii s-au dezvoltat pînă astăzi absolut linear şi consecvent plecînd realmente de la marea operă a lui Newton, *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Consecinţele lor tehnice au modificat înfăţişarea Pămîntului.

În această ştiinţă obişnuită a naturii abstracţia se realizează în două forme diferite. Sarcina ei este aceea de a cunoaşte simplul în diversitatea pestriţă a fenomenelor. Străduinţa fizicianului a trebuit, de aceea, să se îndrepte spre scoaterea la iveală a unor procese simple din încîlcita complicare a fenomenelor. Dar ce este simplul ? De la Galilei şi Newton, răspunsul sună : este simplu un proces a cărui desfăşurare legică poate fi reprezentată cantitativ, în toate detaliile, fără dificultăţi. Procesul simplu nu este, aşadar, acel proces pe care natura ni-l oferă nemijlocit ; mai întîi fizicianul trebuie să separe, adesea cu aparate foarte complicate, amestecul variat al fenomenelor, să cureţe ceea ce este important de tot accesoriul nenecesar, pînă cînd apare clar şi sigur procesul „simplu", astfel încît să se poată face abstracţie de toate fenomenele auxiliare. Aceasta este una dintre formele abstracţiei, despre care Goethe credea că prin ea natura însăşi este izgonită. El spunea : „Să întîmpinăm afirmaţia rece că acum am mai avea totuşi natura, cel puţin cu un rîs calm, cu o scuturare uşoară a capului ; nu le trece nici prin gînd arhitecţilor să-şi dea palatele lor pentru pădurile sau pietrele de munte". Cealaltă formă a abstracţiei constă în folosirea matematicii în reprezentarea fenomenelor. În mecanica lui Newton s-a dovedit pentru prima dată — şi acesta a fost temeiul marelui ei succes — că în descrierea matematică pot fi

sintetizate unitar nenumărate domenii ale experienței și prin aceasta ele pot fi înțelese. Legile căderii corpurilor ale lui Galilei, mișcarea Lunii în jurul Pămîntului, aceea a planetelor în jurul Soarelui, toate aceste fenomene au putut fi derivate matematic dintr-o ipoteză fundamentală a mecanicii lui Newton, din ecuația „masa × accelerația = forța", împreună cu legea gravitației. Ecuația matematică a constituit astfel cheia abstractă a unei înțelegeri unitare a unor domenii foarte largi ale naturii, și împotriva încrederii în puterea de deschidere a acestei chei a luptat zadarnic Goethe. Într-o scrisoare către Zelter el spune : „Și ceea ce reprezintă cea mai mare nenorocire a noii fizici este faptul că s-au realizat experimente în mod consecvent de către oameni, că se recunoaște ca natură ceea ce ne arată instrumentele artificiale, iar prin ceea ce pot realiza ele se limitează și se demonstrează. La fel este cu calculul. Multe lucruri sînt adevărate, deși nu pot fi calculate cu precizie, după cum există multe lucruri care nu pot fi supuse experimentului decisiv".

Nu a cunoscut realmente Goethe forța de ordonare, capacitatea de cunoaștere a metodei științifice, a experimentului și a matematicii ? A subapreciat el acel dușman împotriva căruia a luptat atît de neobosit în teoria culorilor și în multe alte locuri ? Ori el nu a vrut să recunoască această putere deoarece erau în joc valori pentru a căror jertfire el nu era pregătit ? Va trebui să răspundem că Goethe nu a vrut să pășească pe acest drum abstract al înțelegerii unitare deoarece acesta i se păruse prea periculos.

Pericolele de care se temea aici Goethe nu au fost nicăieri exact determinate de către el. Dar cea mai renumită operă poetică a sa, *Faust*, ne permite să bănuim despre ce este vorba. Faust este, pe lîngă multe altele, și un fizician decep-

ţionat. El s-a înconjurat în cabinetul său de lucru cu aparate. El spune totuşi :

„Voi, instrumente, mă priviţi cu ironie,
Cu roţi şi creste, vălătuce, fierărie.
La poartă am ajuns, voi trebuia să-mi fiţi o cheie.
Ce vrednice-mi păreaţi, dar n-aţi desferecat zăvorul.
Taina păstrîndu-şi-o în plină zi,
Natura nu se lasă despuiată
De vălul ei, şi ceea ce ea nu-şi arată,
Fireşte relevîndu-se duhului tău,
Nu-i smulgi cu pîrghii şi şuruburi niciodată".

Semnele secrete pe care el le cerceta în cartea lui Nostradamus sînt înrudite poate într-un fel cu cifrele matematicii. Această lume a cifrelor şi a instrumentelor, acea goană lacomă după o cunoaştere mereu mai largă, mai profundă, mai abstractă îl hotărăsc pe el, deznădăjduit, să încheie pactul cu diavolul. Calea care duce de la viaţa naturală în afară, în cunoaşterea abstractă, nu se poate opri decît la diavol. Acesta a fost pericolul pe care l-a precizat atitudinea lui Goethe faţă de lumea tehnicii şi a ştiinţei. Goethe a simţit forţele demonice care vor deveni active în dezvoltarea acestei lumi şi el credea că trebuie să le ocolim. Ar trebui, poate, să se răspundă : atît de uşor nu se poate ocoli diavolul.

Goethe însuşi a trebuit să facă încă foarte devreme cîteva compromisuri. Cel mai important a fost acordul său cu imaginea copernicană a lumii, a cărei forţă de atracţie îl cucerise şi pe el. Dar şi aici ştiuse Goethe cît de mult trebuie jertfit prin aceasta. Vom cita din nou din *Teoria culorilor :*

„Dintre toate descoperirile şi convingerile nimic nu a putut produce o mai mare acţiune asupra spiritului uman decît teoria lui Copernic. De-abia fusese recunoscut Pămîntul ca rotund şi închis în el însuşi, cînd a şi trebuit să renunţe şi la imensul privilegiu de a fi centrul univer-

sului. Poate niciodată nu s-a produs o mai mare provocare la adresa umanității ; căci ce nu se prefăcea prin această recunoaștere în praf și pulbere, paradisul de dincolo, lumea nevinovăției, a poeziei și a evlaviei, mărturia simțurilor, convingerea unei credințe poetic-religioase ; nu e de mirare că omul n-a vrut să piardă toate acestea, că s-a opus cu toate puterile unei asemenea doctrine care provoca și îndreptățea pe aceia care o acceptau la o libertate de gîndire și o măreție a convingerii pînă acum necunoscute".

Acest pasaj va trebui prezentat și tuturor acelora care, pentru a înlătura pericolele de care se temea Goethe, încearcă chiar în epoca noastră să pună la îndoială corectitudinea și necesitatea științei moderne a naturii. S-a arătat astfel că chiar și aceste științe ale naturii și-au schimbat sau modificat concepțiile în decursul timpului, că, de exemplu, mecanica newtoniană nu mai este astăzi recunoscută ca fiind corectă, fiind înlocuită prin teoria relativității și teoria cuantică, deci că avem toate temeiurile pentru a considera cu scepticism toate pretențiile acestei științe a naturii. Această obiecție se întemeiază însă pe o neînțelegere, după cum s-ar putea observa plecînd chiar de la problema locului Pămîntului în sistemul planetar. Este corect că teoria lui Einstein lasă deschisă posibilitatea considerării Pămîntului ca aflîndu-se în nemișcare, iar a Soarelui ca învîrtindu-se în jurul său. Prin aceasta însă nu se modifică nimic din afirmația fundamentală a mecanicii newtoniene, și anume aceea că Soarele determină prin acțiunea sa gravitațională puternică orbitele planetelor ; deci sistemul planetar poate fi astfel realmente înțeles numai dacă se pleacă de la Soare ca punct central, ca centru al forțelor gravitaționale. Nu se poate cu siguranță, și aceasta va trebui s-o subliniem în mod deosebit, să se evite rezultatele științelor moderne ale naturii atunci cînd se acceptă me-

toda lor, iar această metodă sună : observația, care va fi rafinată prin experiment, și analiza rațională, care-și dobîndește forma precisă în reprezentarea matematică. Nu se poate pune serios la îndoială validitatea rezultatelor dacă sînt permise experimentul și analiza rațională. Se poate însă formula problema valorii : cunoașterea astfel obținută are ea o valoare ?

Dacă nu se încearcă să se răspundă mai întîi la această întrebare în sensul goethean, ci se admite în acord cu spiritul epocii noastre, fără precauții deosebite, argumentul utilității, atunci am putea prezenta aici cuceririle științelor și tehnicii moderne : îndepărtarea activă a multor lipsuri, ușurarea suferinței bolnavilor prin medicina modernă, comoditatea circulației și multe altele. Cu siguranță, Goethe, care dorise atît de mult activitatea în viața sa, ar fi privit cu multă înțelegere aceste argumente. Dacă se pleacă tocmai de la situația omului în această lume, de la greutățile care îl amenință, de la exigențele la care este supus de alții, atunci va fi extrem de înalt apreciată posibilitatea de a acționa în acest domeniu practic și eficient, de a putea să ajuți pe alții, de a îmbunătăți în general condițiile vieții. Nu trebuie decît să se citească părți mai mari din *Anii de drumeție ai lui Wilhelm Meister* sau ultimele pasaje din *Faust* pentru a se înțelege cît de serios a considerat poetul tocmai acest aspect al vieții noastre. Dintre diferitele aspecte ale lumii tehnico-științifice, cel mai inteligibil îi era lui Goethe, cu siguranță, cel pragmatic. Goethe nu a putut scăpa însă nici acum de teama că diavolul și-ar fi vîrît și aici coada. În ultimul act din *Faust*, succesul, bogăția vieții active sînt transformate în absurd prin omorîrea lui Philemon și Baucis. Dar și acolo unde coada diavolului nu este direct vizibilă, evenimentele rămîn sub amenințarea eficacității lui. Goethe a înțeles că modificarea progresivă a lumii prin corelația tehnicii cu științele naturii nu poate fi oprită. În

Anii de drumeție s-a exprimat cu grijă : „Mașinăria care sporește excesiv mă chinuie și mă înspăimîntă. Se rostogolește încoace ca o furtună încet, încet. Și-a fixat direcția, va veni și ne va lovi". Goethe știa ce urma să se petreacă și a meditat asupra modificărilor care se vor produce prin aceasta în comportarea oamenilor. În corespondența cu Zelter scrie : „Bogăție și viteză sînt ceea ce admiră lumea și după care tinde oricine. Tren, poștă rapidă, nave cu abur și toate facilitățile posibile ale comunicării sînt acelea de la care pornește lumea cultă pentru a se depăși, a se rafina, rămînînd prin aceasta în mediocritate. Realmente este secolul oamenilor capabili, al acelor oameni practici care pricep ușor și se simt superiori mulțimii, înzestrați fiind cu o anumită dibăcie, chiar dacă ei nu sînt extrem de talentați". Sau în *Anii de drumeție* : „Este acum timpul unilateralităților ; bine de acela care-l înțelege, timpul acționează pentru el și pentru alții în acest sens". Goethe a putut astfel să prevadă o bucată considerabilă a drumului pe care-l va urma lumea, privind viitorul cu o mare neliniște.

De atunci s-a scurs aproape un secol și jumătate, și noi știm încotro a dus acest drum pînă astăzi. Avioanele cu reacție, mașinile electronice de calcul, rachetele cosmice, bombele atomice, acestea sînt ultimele pietre kilometrice care ne întîmpină pe marginea acestui drum. Acea lume determinată de știința naturii de tip newtonian, pe care Goethe spera că ar putea s-o ocolească, a devenit astfel realitatea noastră, și nu ne ajută cu nimic să ne mai gîndim la faptul că la aceasta a contribuit și partenerul lui Faust. Trebuie s-o suportăm, așa cum s-au suportat atîtea în toate timpurile. Noi nu am ajuns însă pînă la capătul acestui drum. Poate nu este departe vremea în care și biologia se va încadra în acest proces de dezvoltare a tehnicii. Faptul că atunci se multiplică pericolele, chiar acelea referitoare la amenințarea cu bombele

atomice, a fost exprimat cel mai dur, poate, în acea caricatură nemiloasă a unei lumi viitoare pe care a formulat-o Huxley sub titlul *Brave, new world,* o „lume nouă, măreață". Posibilitatea de a educa oamenii în scopuri determinate, de a ordona rațional întreaga viață de pe Pămînt, de a o subordona tendinței spre utilitate și, prin aceasta, de a o goli de toate simțămintele este dusă aici pînă la absurd cu o consecvență înfiorătoare. Nu trebuie să mergem totuși atît de departe pentru a recunoaște că, în general, utilitatea nu este o valoare, ci prin ea se deplasează doar în altă parte problema valorii și anume la o altă întrebare : are valoare însuși scopul căruia îi corespund cunoștințele și posibilitățile respective, căruia ele trebuie să-i servească ?

Medicina modernă a eliminat într-o considerabilă măsură marile epidemii de pe glob. Ea a salvat viața multor bolnavi, ea a scutit de dureri cumplite o mulțime de oameni, însă ea a condus și la acea explozie a populației pe Pămînt care, dacă nu va fi stopată în viitor prin măsuri organizatorice pașnice, se va termina printr-o catastrofă înspăimîntătoare. Cine poate ști dacă medicina modernă își formulează în general corect scopurile ei ?

Știința modernă oferă astfel cunoștințe de a căror valabilitate în ansamblu nu ne putem îndoi, iar tehnica ce se naște din ea permite folosirea acestor cunoștințe și pentru realizarea unor scopuri depărtate. Dacă are valoare însă progresul astfel obținut, nu se va hotărî prin aceasta, ci numai prin reprezentările valorice după care se conduc oamenii în formularea scopurilor. Aceste reprezentări valorice nu pot fi însă produse de știința ca atare ; în orice caz, nu pînă acum. Obiecția decisivă a lui Goethe împotriva metodei științelor naturii, întrebuințată după Newton, se îndreaptă astfel împotriva disocierii conceptelor „autenticitate" și „adevăr" în structura acesteia. Adevărul nu

se putea separa, pentru Goethe, de conceptul de valoare. Acel „Unum, bonum, verum", „unul, binele, adevărul", era pentru Goethe, ca și pentru filozofii antici, unica busolă posibilă cu care s-a putut orienta omenirea de-a lungul secolelor în căutarea drumului ei. O știință care este însă numai corectă, în care s-au despărțit conceptele de „autenticitate" și „adevăr", în care, prin urmare, direcția nu se mai stabilește prin ordinea divină este foarte tare periclitată, ea este, pentru a ne gîndi din nou la *Faust*-ul lui Goethe, expusă intervenției diavolului. De aceea nu a vrut Goethe s-o accepte. Într-o lume întunecată, care nu mai este iluminată de lumina acestui centru, a acestui „Unum, bonum, verum", progresele tehnice nu mai reprezintă altceva decît, cum s-a exprimat odată Erich Heller în această privință, încercări desperate de a face din infern o reședință cît mai plăcută. Această idee trebuie să fie accentuată în special împotriva acelora care cred că prin răspîndirea civilizației tehnico-științifice pînă în cele mai izolate regiuni ale globului se pot crea toate premisele esențiale pentru epoca de aur. Atît de ușor nu poate fi evitat diavolul. Înainte de a cerceta dacă autenticitatea și adevărul sînt realmente atît de complet separate în științele moderne ale naturii, așa cum se părea pînă acum, va trebui să formulăm întrebarea opusă : poate opune Goethe prin știința sa, prin maniera sa de a considera natura ceva eficient acestei lumi tehnico-științifice, născută ca urmașă a lui Newton ? Știm că, în ciuda enormei influențe pe care a avut-o lirica lui Goethe în secolul al XIX-lea, gîndurile sale despre știința naturii au fost cunoscute și au devenit rodnice numai într-un grup de oameni relativ redus. Dar ele conțin probabil un germene care s-ar putea dezvolta printr-o îngrijire mai atentă tocmai atunci cînd credința cam naivă în progres a secolului al XIX-lea se retrage în fața unei concepții mai lucide. Aici va

trebui să se mai întrebe o dată ce reprezintă de fapt caracteristica acestei considerări goetheene a naturii, prin ce s-a deosebit modul său de a privi natura de acela al lui Newton și al urmașilor acestuia. Aici se relevă înainte de toate faptul că cercetarea naturii la Goethe pleacă tocmai de la oameni, că omul și trăirea nemijlocită a naturii reprezintă nucleul acesteia, din care fenomenele se încheie într-o ordine plină de sens. O asemenea formulare este corectă și ea evidențiază în mod deosebit marea diferență dintre cercetarea goetheeană a naturii și cea newtoniană. Ea neglijează însă un punct absolut esențial, și anume acela că, după convingerea lui Goethe, în natură oamenii se află, evident, în fața unei ordini divine. Nu acea trăire a naturii de către oamenii individuali, care-l împlinise atît de mult în tinerețe, o va considera mai tîrziu Goethe ca importantă, ci ordinea divină care este recunoscută în această trăire. Nu avem la Goethe doar o metaforă poetică atunci cînd în poemul *Testament credinței vechi persane* credinciosul este determinat de imaginea soarelui care apunea după munți să recunoască pe Dumnezeu pe tronul lui, să-l numească Stăpîn al izvoarelor vieții.

„Pe Dumnezeu să-l vezi pe tronul lumii,
al vieții domn să-l denumești
și-n faptă să transpui înalta viziune
pășind pe căile luminilor cerești".

Acestui conținut al trăirii naturii trebuie, după Goethe, să i se conformeze și metoda științelor naturii, iar astfel căutarea fenomenului originar va trebui înțeleasă ca o cercetare a acelor structuri aflate dincolo de fenomene, puse de Dumnezeu, care nu pot fi construite doar cu rațiunea, ci prin contemplarea, trăirea, simțirea lor nemijlocită. „Un fenomen originar — explică Goethe — nu este echivalent unui principiu din care se produc o multitudine de

consecințe, ci trebuie considerat un fenomen fundamental, în cadrul căruia se poate contempla multiplul. Privirea, știința, presimțirea, credința ori cum se mai numesc toate aceste antene sensibile cu care omul pipăie universul trebuie de fapt să acționeze împreună dacă vrem să îndeplinim chemarea noastră cea mai importantă, deși cea mai grea". Goethe simte foarte clar că structurile de bază trebuie să fie de un asemenea gen încît să nu se mai poată decide dacă ele aparțin lumii gîndite obiectiv sau sufletului uman, întrucît ele reprezintă condițiile fundamentale pentru amîndouă. Astfel, el speră că prin „privire, știință, presimțire, credință" ele vor deveni eficiente. Totuși va trebui să ne întrebăm de unde știm, sau de unde știa Goethe, că cele mai profunde, intrinseci corelații pot fi atît de nemijlocit vizibile, că ele sînt atît de deschis evidente ? Nu s-ar putea ca tocmai ceea ce considera Goethe ordinea divină a fenomenului să ne apară natural, în cea mai deplină claritate doar pe o înaltă treaptă de abstracție ? Nu poate să ne ofere aici știința modernă a naturii un răspuns care s-ar putea menține în fața tuturor exigențelor valorice goetheene ?

Înainte de a trece la discutarea unor asemenea probleme dificile, va trebui să mai spunem doar un cuvînt cu privire la respingerea de către Goethe a romantismului. Goethe s-a opus adesea pe larg în scrisori, articole, convorbiri romantismului, care reprezenta direcția artelor din timpul său. Mereu formula asemenea învinuiri : subiectivism, exaltare, deviere în extreme, în infinit, sensibilitate bolnăvicioasă, interes afectat pentru antichitate, pătrundere firavă și, în fine, politețe și nesinceritate. Opoziția față de boala aparentă a romantismului, presimțirea unei posibile evoluții erau atît de puternice la Goethe încît numai foarte rar a reușit el să le biruie pentru a observa sau a recunoaște și realizările artistice ale romanti-

cilor. Orice artă care, ca și aceea a romanticilor, se îndepărtează de lume, care nu mai încearcă să exprime lumea reală, ci doar reflexul ei în sufletul artistului îi apărea lui Goethe la fel de nesatisfăcătoare ca și o știință care nu-și mai ia ca obiect natura liberă, ci fenomenele sortate și, într-o anumită măsură, preparate de aparate. Romantismul poate fi înțeles, cel puțin parțial, ca o reacție la o lume care tindea să fie transformată de către raționalism, știință și tehnică într-o condiție practică, prozaică a vieții exterioare, astfel încît pentru personalitate în totalitatea ei, pentru dorințele, speranțele, durerile ei nu mai exista nici un fel de spațiu. Această personalitate s-a retras, de aceea, în interiorul său ; ruperea de lumea reală imediată, în care noi acționăm, în care trebuie să ne aflăm, a fost simțită, poate, ca o pierdere ; dar, se temea Goethe, romantismul alege calea ușoară, pentru a nu spune comodă, de a se refugia într-o lume a visurilor, de a se lăsa în voia beției pasiunilor, părăsind răspunderea pentru sine și pentru alții și desfătîndu-se în nemărginirea sentimentelor. Această îndepărtare de o artă care încearcă să modeleze lumea în realitatea ei nemijlocită, spre o redare și exacerbare artistică a abisului din sufletul uman, putea fi încuviințată de Goethe la fel de puțin ca și pasul în abstracție, față de care se văzuse obligată știința modernă.

Înrudirea motivelor pentru opoziția lui Goethe în ambele cazuri merge și mai departe. Dacă Goethe se temea de abstracția din științele naturii, dacă el se îngrozea de nemărginirea ei, atunci aceasta se întîmpla deoarece el credea că a simțit în ea forțe demonice, în fața amenințării cărora el nu dorea să cedeze. El le-a personificat prin Mefisto. În romantism el a intuit acțiunea unor forțe asemănătoare. Din nou, lipsa de limite, ruperea de lumea reală, de măsurile ei sănătoase, pericolul degenerării în bolnăvicios. În atitudinea lui Goethe pare

să fi jucat, de asemenea, un rol faptul că în ambele direcții forma lor artistică cea mai înaltă i-a fost relativ străină. Matematica, care ar putea fi desemnată ca forma artistică a abstracției, nu a putut să-l pasioneze sau să-l fascineze pe Goethe, deși a respectat-o. De muzică, care a avut în romantismul german, după cum mi se pare, cele mai înalte realizări, Goethe nu a fost niciodată atît de impresionat cum a fost de poezie sau de pictură. Ce ar fi gîndit el asupra romantismului dacă acesta ar fi egalat limbajul vorbit, de exemplu, în Cvintetul în C-Dur pentru instrumente de coarde de Schubert, nu știm. El însă ar fi trebuit să simtă că forțele de care se temea el și care în această muzică erau mult mai active decît în aproape oricare dintre operele romantice aici nu mai provin de la Mefisto, nu-i mai anunță puterea lui, ci a acelui centru de lumină din care provine Lucifer, dar din care acesta a fost izgonit. Nu este de mirare că viitorul apropiat nu a urmat în judecarea valorii romantismului sfatul marelui poet german, că arta s-a dedicat într-o mare măsură temelor și problemelor care au apărut prima dată în romantism. Istoria muzicii, a picturii și literaturii din secolul al XIX-lea a arătat cît de fructuoase au fost direcțiile inițiate de romantism. Desigur, această istorie, în special dacă este urmărită pînă în zilele noastre, ne arată cît de justificate erau și temerile și obiecțiile lui Goethe, la fel ca și în cazul științelor naturii și al tehnicii. Acele fenomene, deseori acuzate, de degenerare din domeniul artei — ca și, în tehnică, folosirea armelor atomice — sînt considerate urmări ale pierderii acelei măsuri pentru păstrarea căreia se luptase Goethe întreaga sa viață.

Să ne întoarcem însă din nou la întrebarea dacă cunoașterea pe care a căutat-o Goethe în știința sa, adică cunoașterea ultimelor puteri formative ale naturii, considerate de el divine,

a dispărut complet din această știință modernă doar „corectă" a naturii. „Ca să cunoști ce unește lumea în profunzimea ei interioară, privește toate puterile active și semințele și nu mai scotoci în cuvinte", aceasta era exigența. Pe calea realizării ei, Goethe a ajuns în cercetările lui asupra naturii la fenomenul originar, iar în morfologia plantelor la planta originară. Dar, deși acest fenomen originar nu putea fi un principiu din care să se deriveze fenomenele diverse, ci un fenomen fundamental, Schiller i-a clarificat lui Goethe, în acea primă întîlnire celebră de la Jena din 1794, care a întemeiat prietenia lor, că fenomenul originar, de fapt, nu reprezintă un fenomen, ci o idee ; o idee în sensul filozofiei lui Platon, am dori să adăugăm noi ; în epoca noastră, în care cuvîntul „idee" a căpătat o coloratură prea subiectivă, în locul lui ar trebui poate să folosim termenul de „structură". Planta originară este forma originară, structura de bază, principiul formator al plantelor, pe care, desigur, nu-l putem construi numai rațional, el trebuind să aibă și o certitudine senzorială nemijlocită. Deosebirea, căreia Goethe i-a acordat o atît de mare valoare, dintre contemplarea directă și derivarea doar rațională corespunde relativ exact deosebirii celor două moduri de cunoaștere din filozofia platonică, „episteme" și „dianoia". „Episteme" este tocmai această certitudine nemediată care ne asigură liniștea, dincolo de care nu mai trebuie să cercetăm. „Dianoia" este cunoașterea prin analiză, rezultatul deducției logice. Și la Platon este clar că numai primul mod al cunoașterii, „episteme", ne duce la autentic, la esențial, la lumea valorilor, pe cînd „dianoia", deși produce cunoaștere, aceasta este doar o cunoaștere valoric neutră. Ceea ce

Schiller încercase să-i explice lui Goethe, întorcîndu-se împreună de la o conferință științifică, era, desigur, nu filozofia lui Platon, ci aceea a lui Kant. La Kant termenul „idee" are o altă semnificație, oarecum mai subiectivă; în orice caz, ideea este strict separată de fenomen, astfel încît afirmația lui Schiller că planta originară ar fi o idee l-a neliniștit profund pe Goethe. El a răspuns: „Aceasta-mi place chiar foarte mult, să am idei, fără să știu, și chiar să le văd cu ochii". În discuția care a urmat, în care, așa cum povestește Goethe, s-au înfruntat mult, Schiller a replicat: „Cum ar putea fi dată vreodată o experiență care ar trebui să fie corespunzătoare unei idei; căci în aceasta constă tocmai ceea ce este propriu temeiului ultim, că el nu poate fi niciodată congruent cu o experiență". În lumina filozofiei platonice, în cadrul acestei discuții nu este atît vorba de o polemică asupra a ceea ce este o idee, ci asupra organului cunoașterii, prin care accedem la aceasta. Atunci cînd Goethe spune că ideile pot fi văzute cu ochii, aceștia sînt alți ochi decît cei despre care este vorba în mod curent. În nici un caz nu ar putea fi aici înlocuiți ochii printr-un microscop sau printr-o placă fotografică. Oricum însă, cum am putea decide mereu în această polemică, planta originară este astfel o idee și ea se confirmă ca atare prin aceea că luînd această structură de bază ca cheie, cum spune Goethe, se pot crea plante la nesfîrșit. Prin ea s-a înțeles astfel construcția plantelor, iar „a înțelege" înseamnă: a reduce la un principiu simplu, unitar.

Cum se prezintă lucrurile în biologia modernă? Și aici există o structură fundamentală, care determină nu numai forma tuturor plantelor, ci a tuturor ființelor vii în general. Este un obiect mic invizibil, o moleculă filiformă, și anume renumitul lanț dublu al acidului nucleic, a cărui structură a fost explicată cu aproximativ 15 ani în urmă de către Crick și Wat-

son în Statele Unite ale Americii și care poartă întreaga ereditate a respectivei ființe vii. Pe baza unor numeroase experiențe ale biologiei moderne nu ne mai putem îndoi că tocmai această moleculă filiformă determină structura ființelor vii, că de la ea pornește într-o anumită măsură întreaga putere de formare care determină construcția organismului. Nu putem insista aici asupra detaliilor. Cu privire la autenticitatea acestei afirmații sînt valabile cele ce au fost spuse în general mai înainte asupra autenticității enunțurilor științelor naturii. Autenticitatea se întemeiază pe metoda științifică, pe observație și analiză rațională. Atunci cînd stadiile inițiale de incertitudine ale evoluției unei științe speciale sînt depășite, atunci autenticitatea se întemeiază pe cooperarea unor extrem de numeroase fapte individuale, pe o țesătură mare și complicată de experiențe, care-i dau enunțului certitudinea sa inatacabilă.

Poate fi comparată într-un fel oarecare structura de bază descrisă mai sus, dublul lanț al acidului nucleic, cu planta originară goetheană? Micimea insensibilă a acestui obiect pare inițial să excludă o asemenea comparare. Dar cu greu se poate contesta faptul că această moleculă are în cadrul biologiei aceeași funcție pe care trebuia s-o realizeze planta originară a lui Goethe în cadrul botanicii. Este vorba, în ambele cazuri, de înțelegerea forțelor formatoare, creative din natura vie și de reducerea lor la ceva simplu, comun tuturor corpurilor organice. Tocmai acest lucru îl realizează configurația originară a biologiei moleculare actuale, care este încă prea primitivă, pentru a putea fi numită o ființă vie originară. Ea nu posedă toate funcțiile unei ființe vii integrale; aceasta nu trebuie însă să ne împiedice s-o denumim astfel pe ea sau ceva asemănător. Această configurație originară are comun cu planta originară a lui Goethe și faptul că ea nu reprezintă numai o idee, o structură fundamentală, o reprezen-

tare, o forță generatoare de forme, ci ea este și obiect, fenomen, chiar dacă ea nu e vizibilă nemijlocit cu ochii noștri, ci poate fi atinsă doar indirect. Ea poate fi recunoscută cu ajutorul unor microscoape foarte puternice și cu mijloacele analizei raționale ; ea reprezintă astfel ceva absolut real, și nu doar un obiect ideal. În această măsură, ea corespunde tuturor exigențelor formulate de Goethe fenomenului originar. Că noi o putem însă „vedea, simți, presimți" în sensul lui Goethe, cu alte cuvinte, că ea poate deveni obiectul lui „episteme", al cunoașterii pure în formularea lui Platon, acest fapt poate fi pus la îndoială. În mod normal, configurația biologică originară nu este astfel vizibilă. Ne putem doar imagina că ea le-a apărut poate pentru prima dată descoperitorilor ei în acest mod.

Dacă ne întrebăm astfel asupra raportului dintre autenticitate și adevăr în științele moderne ale naturii, atunci va trebui să constatăm, pe latura lor pragmatică, doar completa separare a celor două concepții. Acolo însă, cum este cazul biologiei, unde avem de-a face cu cunoașterea unor foarte mari corelații, care sînt de la început prezente în natură și nu sînt create de oameni, putem constata o anumită apropiere. Căci marile corelații devin vizibile prin structurile fundamentale, în care se manifestă astfel ideile platonice, iar aceste idei pot probabil, întrucît ele ne informează asupra ordinii totale subiacente, să fie preluate și de alte domenii ale psihicului uman numai prin rațiune, tocmai de acele domenii care ele însele se află într-o legătură nemijlocită cu acea ordine totală și prin aceasta și cu lumea valorilor.

Acest fapt devine deosebit de clar dacă se trece la acele legități cu totul generale care cuprind domeniile biologiei, chimiei și fizicii și care au devenit inteligibile doar în ultimele decenii în raport cu fizica particulelor elementare. Aici este vorba de structuri fundamentale ale

naturii sau ale lumii în întregime, care sînt şi mai profunde ca acelea ale biologiei şi, din această cauză, sînt mai abstracte şi mai puţin accesibile nemijlocit simţurilor noastre ca acelea. Ele sînt însă în aceeaşi măsură şi mai simple, deoarece ele vor reprezenta doar universalul şi nimic din ceea ce este particular. În timp ce configuraţiile originare ale biologiei nu reprezentau numai organismul viu în sine, ci — prin diferitele ordonări posibile ale cîtorva grupuri chimice din lanţ — ele trebuiau să deosebească şi nenumăratele organisme diferite, structurile fundamentale ale întregii naturi nu trebuie să reprezinte decît tocmai existenţa acestei naturi. În fizica modernă, această idee se realizează în modalitatea următoare: se formulează într-un limbaj matematic, o lege fundamentală a naturii, o „formulă a universului", aşa cum a fost uneori numită, care este suficientă tuturor fenomenelor naturale şi care astfel simbolizează într-o anumită măsură numai posibilitatea, existenţa naturii. Cele mai simple soluţii ale acestor ecuaţii matematice reprezintă diferitele particule elementare, care sînt forme fundamentale ale naturii exact în acelaşi sens în care Platon concepuse ca forme de bază ale naturii acele corpuri regulate ale matematicii: cubul, tetraedrul ş.a. Şi ele sînt, pentru a ne reîntoarce la disputa dintre Schiller şi Goethe, ca şi plantele originare ale lui Goethe, „idei", chiar dacă ele nu pot fi văzute cu ochii obişnuiţi. Dacă ele pot fi contemplate în sensul lui Goethe, aceasta pur şi simplu depinde de organele cunoaşterii cu care noi abordăm natura. Nu poate fi însă contestat că aceste structuri fundamentale au o legătură nemijlocită cu marea ordine a lumii în întregul ei. Ne rămîne însă nouă să decidem dacă voim să cuprindem din acest mare întreg doar acel sector îngust care poate fi conceput raţional.

Să ne aruncăm încă o dată privirea înapoi asupra evoluţiei istorice. În ştiinţele naturii, ca

și în artă, lumea a mers pe drumul despre care Goethe ne-a avertizat, considerîndu-l prea periculos. Arta s-a retras din realitatea nemijlocită în profunzimea sufletului uman, știința a realizat pasul în abstracție, a cîștigat enorma extindere a tehnicii moderne, și a pătruns pînă la configurațiile originare ale biologiei și pînă la formele originare care corespund în știința modernă corpurilor platoniciene. În același timp, pericolele au devenit atît de amenințătoare după cum prevăzuse Goethe. Să ne gîndim la dezumanizarea, depersonalizarea muncii, la absurdul armelor moderne sau la refugiul în iluzii, care este forma pe care a luat-o o mișcare politică. Diavolul este un stăpîn puternic. Dar acel centru de lumină despre care a fost vorba în legătură cu muzica romantică, pe care Goethe l-a putut recunoaște peste tot în natură, a devenit vizibil și în știința modernă a naturii, acolo unde ea ne informează asupra marii ordini unitare a lumii. Vom putea și astăzi învăța de la Goethe că nu va trebui să lăsăm în favoarea unui organ, a analizei rationale pe toate celelalte să se prăpădească ; că va trebui să cuprindem natura cu toate organele care ne sînt date și să avem apoi toată încrederea că această realitate va oglindi și esențialul, „Unul, Binele, Adevărul". Să sperăm că în viitor aceasta se va reuși mai bine decît în vremea noastră, decît i-a reușit generației mele.

TENDINȚA SPRE ABSTRACȚIE ÎN ARTELE ȘI ȘTIINȚELE MODERNE *

Tema generală a simpozionului de astăzi este semnificația cunoștințelor științelor moderne ale naturii — medicina, psihologia, fizica — pentru artă și pentru educația artistică, înainte de toate pentru muzică și pentru educația muzicală. Nu aș dori să discut această temă din punctul de vedere al aspectelor ei tehnice; ar fi posibil, desigur, pentru un fizician ca plecînd de la acustica modernă, de la producerea sunetului în instrumentele electronice să tragă anumite concluzii pentru viața muzicală modernă. Aș dori în locul acesteia să concep însă tema puțin mai principial, sau, dacă doriți, din punctul de vedere al filozofiei culturii, și să ne întrebăm dacă s-ar putea indica o paralelă la tendințele din arta modernă sau, mai special, din muzica modernă care ne par adesea atît de străine și neinteligibile, în forma unor fenomene asemănătoare ale științelor moderne ale naturii — lucru adesea afirmat — și dacă nu am putea învăța ceva asupra acestor fenomene artistice străine din comparația cu științele moderne. Nu va fi deci vorba despre forme sau tehnici individuale ale științelor moderne sau ale tehnicii, ci de configurația lor generală. S-a spus adesea că arta modernă ar fi mai abstractă

* Conferință ținută în cadrul unui simpozion al Fundației Karajan la Salzburg, 1969.

decît vechea artă, că ea s-a desprins mult de viața directă, și tocmai aceasta ar lega-o de știința și tehnica modernă, pentru care același lucru este valabil într-o măsură și mai înaltă. Pentru moment aș dori să las la o parte problema cît de corect poate să caracterizeze expresia „abstract" aceste fenomene din arta actuală. Ceea ce este sigur e faptul că în științele moderne abstracția joacă un rol absolut decisiv. De aceea aș vrea să schițez mai întîi acest proces, să-i clarific necesitatea internă și să arăt că el a fost decisiv pentru enormul progres al științelor moderne ale naturii, că nici un om, interesat în general în progresul științelor naturii, nu ar putea dori ca acest proces să fie anulat. Apoi voi încerca să examinez dacă nu și în evoluția artei se petrece sau s-a petrecut ceva comparabil cu aceasta. Mă voi limita aici numai la a urmări ceva mai exact decît s-a făcut pînă acum această comparație mereu citată.

Trebuie să subliniez că în această problemă nu sînt de fapt competent, deoarece cunosc evoluția artei numai din a doua mînă, nu am studiat-o temeinic și de aceea sînt în pericol de a o judeca superficial. De asemenea îmi este clar că prin această comparație voi putea trata doar un foarte mic fragment, poate chiar neimportant din cercul mai larg de probleme pe care-l numim „arta abstractă". Este însă vorba doar de a provoca o discuție.

Ca prim exemplu pentru tendința spre abstracție din științele moderne ale naturii aș vrea să amintesc evoluția biologiei. În epocile anterioare, să ne gîndim, de exemplu, la secolul al XVIII-lea, biologia consta din cele două părți — zoologia și botanica —, iar savanții descriau multitudinea formelor ființelor vii, constatau asemănări și deosebiri, construiau înrudiri și încercau să introducă un sistem în diversitatea fenomenelor. Dar și această știință orientată spre viața nemijlo-

cită se vedea obligată să caute puncte de vedere unitare prin care să poată înțelege împreună diferitele forme ale vieții. Astfel, Goethe, care, așa cum spunea el, se temea de abstracție, căutase o plantă originară, pentru a spune astfel, prototipul plantelor, din care puteau fi derivate și înțelese toate celelalte plante. Iar Schiller a trebuit să-și dea cea mai mare osteneală pentru a-i explica lui Goethe că planta originară ar fi o idee, ideea plantei, iar în această măsură ar reprezenta totuși ceva abstract. Viitorul a recunoscut mai întîi ceea ce este comun diferitelor ființe vii, prin diferitele funcții biologice — metabolism, reproducere etc. —, apoi s-a întrebat asupra proceselor fizico-chimice prin care se realizează aceste funcții în cadrul organismului, ajungînd astfel în mod obligatoriu la cele mai mici particule ale organismului și la biologia moleculară. Ca structură fundamentală comună a tuturor organismelor s-a recunoscut în final, în ultima vreme, o moleculă filiformă, acidul nucleic, care poate fi observat cu microscoape de mare putere și care s-a dovedit component de bază al întregii materii vii. În această moleculă filiformă, ale cărei detalii, natural, nu trebuie să ne intereseze aici, este înscrisă în limbaj chimic întreaga ereditate a organismului respectiv, iar după acest text se creează în procesul de reproducere noile ființe organice. Se poate, dacă se vrea, să se compare această moleculă filiformă, acidul nucleic, cu planta originară a lui Goethe ; chiar atunci însă, biologia moleculară înseamnă o îndeletnicire cu formule chimice structurale complicate, față de care, în mod sigur, nu putem avea același raport nemijlocit ca față de organismele vii individuale.

În această evoluție sumar schițată se recunosc deja clar elemente care sînt răspunzătoare pentru tendința spre abstracție. A înțelege înseamnă a recunoaște corelațiile, a vedea singularul ca un caz special al generalului.

Pasul spre general este însă deja un pas spre abstracție ; mai precis : spre treapta imediat superioară a abstracției. Căci generalul unifica dintr-un punct de vedere unitar multiplicitatea de lucruri individuale sau procese diferite, iar aceasta înseamnă, în același timp, a lăsa la o parte alte trăsături, considerate neimportante, cu alte cuvinte, a abstractiza.

Un proces similar s-a petrecut în alte științe ale naturii — în chimie, în fizică. Aș dori să evidențiez însă din această evoluție doar două episoade din geneza fizicii atomice moderne, deoarece mă voi folosi de ele mai tîrziu în compararea cu evoluția poate corespondentă din arta modernă. În secolul nostru s-au realizat de două ori enorme extinderi ale fizicii : prin revizuirea structurii spațio-temporale de către teoria relativității și prin formularea legilor teoriei cuantice, hotărîtoare pentru fizica atomică. În ambele cazuri, fizica care a apărut a devenit mult mai neintuitivă și, în acest sens, mai abstractă decît cea anterioară. În afară de aceasta, în ambele cazuri — iar acesta este lucrul special pe care vreau să-l schițez aici —, pasul spre treapta superioară de abstracție a urmat unui ciudat stadiu intermediar de nesiguranță și dezordine care durase cîțiva ani. Tocmai acest stadiu intermediar aș vrea să-l descriu ceva mai exact. În teoria relativității, nesiguranța a început atunci cînd s-a încercat cu mijloace electromagnetice să se pună în evidență mișcarea Pămîntului în spațiu. Conceptul de mișcare a devenit neclar. Se concepea mișcarea Pămîntului relativă la Soare sau relativă la alte sisteme stelare, sau relativă la spațiu ? După aceea a devenit neclar conceptul de simultaneitate. S-a pus întrebarea : știm noi oare ce înseamnă atunci cînd spunem că un eveniment din nebuloasa Andromedei este simultan cu unul de pe Pămînt ? S-a văzut că nu se mai știa, dar oamenii nu erau în

stare să formuleze precis adevăratele corelații. Și mai rău era stadiul de nesiguranță și încurcătură în cazul genezei teoriei cuantice. Se puteau urmări traiectoriile electronilor în camerele Willson ; astfel existau în mod evident electroni, și existau traiectorii electronice, dar în atom părea a nu exista nici un fel de traiectorie electronică. S-a presimțit că nu se mai înțelegea exact ce sens aveau termeni cum sînt „locul" sau „viteza" unui electron într-un atom, dar multă vreme nu s-a reușit să se vorbească despre aceste procese din interiorul atomilor într-o modalitate concepută rațional. Stadiul de neclaritate și încurcătură care a durat în cazul genezei teoriei cuantice 25 de ani nu a fost astfel deloc un stadiu de trecere depășit ușor. Poate ar trebui să se spună un cuvînt și asupra oamenilor care lucrau pe atunci în această știință. Ei erau disperați de starea de dezordine și știau că din ea nu putea rezulta o cunoaștere durabilă. Nimeni nu dorea să distrugă sau să nege vechea fizică. Li s-a pus însă fizicienilor o sarcină de la care nu se mai puteau da înlături : trebuia totuși, în cele din urmă, să fie posibil să se spună într-un limbaj rațional precis ce se petrece în interiorul atomului. Dar aceasta, evident, nu mai era posibil cu conceptele vechii fizici. Exista un anume conținut, căruia trebuia să i se dea formă, și anume rezultatele multor experimente asupra atomilor. Corelația prezentă între aceste numeroase experimente trebuia să poată fi exprimată clar. Aceasta a fost însă multă vreme prea dificil de realizat. Numai după ce s-a reușit acest lucru, au simțit fizicienii că știința lor era din nou în ordine. Evidențierea noii ordini a fost pentru fizicienii care au realizat-o un eveniment puternic, surprinzător. Cei care activau în acest domeniu critic au intuit imediat că aici se petrece ceva nou extrem de emoționant, ceva complet neașteptat. Nu pot însă să rămîn mai mult la descrierea acestei

trăiri ; aș dori să mai amintesc doar un punct important pentru comparația care va urma. Matematica, și în special forma ei modernă, realizarea ei în mașinile electronice de calcul, a jucat în toate aceste procese doar un rol secundar, subordonat. Matematica este forma în care noi exprimăm înțelegerea pe care o avem asupra naturii ; matematica nu reprezintă însă conținutul ei. Se înțelege greșit știința modernă și, cred, chiar și dezvoltarea modernă a artei atunci cînd se supraapreciază în cadrul lor semnificația elementului formal.

Aș dori să trec acum la comparația imaginii schițate pe scurt mai înainte cu procesele din evoluția artei. În primul rînd voi analiza problema amintită cu puțin mai înainte, aceea a raportului conținutului cu forma, care se află, după părerea mea, în centrul dezbaterii. Arta are, desigur, o altă sarcină decît știința. Pe cînd știința explică, face ceva inteligibil, arta trebuie să reprezinte, să lumineze, să facă clar temeiul vieții umane. Problema conținutului și formei se pune totuși în ambele domenii în mod analog. Progresul artei se realizează astfel încît mai întîi un lent proces istoric, care modifică viața oamenilor, fără ca individul să-l poată influența prea mult, dă naștere unor noi conținuturi. Asemenea conținuturi au fost, de exemplu, în antichitate strălucirea zeilor gîndiți ca niște eroi, siguranța religioasă a oamenilor la finele evului mediu, lumea sentimentelor spre sfîrșitul secolului al XVIII-lea, pe care o cunoaștem din Rousseau sau din *Werther* al lui Goethe. Artiști înzestrați încearcă apoi să-i dea o formă vizibilă sau audibilă prin aceea că ei dau materialului cu care arta lor lucrează, culorile sau instrumentele, noi posibilități de expresie. Această alternanță sau, dacă doriți, această luptă dintre conținutul de exprimat și limitarea mijloacelor de expresie mi se pare — la fel ca și în știință — condiția

indispensabilă pentru naşterea artei autentice. Dacă lipseşte presiunea unui conţinut spre a fi exprimat, atunci lipseşte terenul pe care arta poate creşte ; dacă limitarea mijloacelor de expresie este suprimată, dacă, de exemplu, în muzică poate fi produs orice ton, atunci această luptă nu mai există, strădania artistului se loveşte într-o anume măsură de vid.

Cum trebuie, cînd ştim acestea, să judecăm dezvoltarea artei moderne, s-o comparăm cu dezvoltarea ştiinţei moderne a naturii ? Mai întîi ne apar deosebirile profunde. Se ştie că unele direcţii speciale ale artei moderne sînt definite prin negarea unor forme determinate ; se vorbeşte de muzică „atonală“ sau de pictură „nonfigurativă“. Astfel, aici nu se vorbeşte deloc despre conţinut, iar despre formă doar în manieră negativă. Un proces comparabil cu acesta nu s-a produs în ştiinţele moderne ale naturii. S-a vorbit poate uneori despre o fizică neclasică, dar nimeni nu ar fi desemnat prin aceasta o disciplină ştiinţifică autentică. Inexistenţa unor forme determinate nu poate, presupun, niciodată să caracterizeze realmente o artă sau o ştiinţă, întrucît esenţa însăşi a acestei activităţi spirituale constă în a informa conţinuturile, deci în a construi forme. Desigur, mari domenii ale artei moderne pot fi şi altfel caracterizate decît prin negarea formelor.

O altă mare deosebire ne devine evidentă acum. În ştiinţa modernă a naturii, formularea problemei este întotdeauna dată de procesul istoric ; străduinţele omului de ştiinţă se îndreaptă spre rezolvarea acestor probleme. În arta modernă însă, însăşi punerea problemei pare neclară. Sau s-ar mai putea formula şi astfel : în ştiinţele naturii nu se pune niciodată întrebarea *ce* trebuie explicat, ci numai *cum* trebuie să fie explicat ; în artă, dimpotrivă, astăzi pare a fi problematic *ce* trebuie exprimat, pentru *cum* existînd mai degrabă prea

multe decît prea puține răspunsuri. În arta modernă, în opoziție cu știința modernă, pare deseori că însuși conținutul care trebuie reprezentat este încă discutat sau neînțeles. Dacă vrem să răspundem la întrebarea de ce în arta modernă totul se petrece atît de diferit decît în științele naturii, atunci trebuie să punem în toată ascuțimea ei problema conținutului. Care ar putea sau ar trebui să fie conținutul artei contemporane ?

Arta a exprimat întotdeauna spiritul, temeiul vieții, sentimentul vieții dintr-o anumită epocă ; astfel trebuie să ne întrebăm : care este sentimentul vieții în lumea actuală, în special la tînăra generație ? Aici ne apare adesea o tendință spre expansiune, străină, în această formă, epocilor anterioare. Tînărul nu mai privește viața sa în raport cu tradiția, țara, cercul cultural în care el a crescut, ci el se raportează la întreaga lume, pe care ar dori s-o considere fundamental ca o unitate. Tendința de a simți globul sau universul întreg ca spațiul vieții, la care se raportează destinul nostru individual, cu siguranță se va întări în viitor. Ea corespunde tendinței din științele naturii de a vedea întreaga natură ca o unitate și de a formula legi care sînt obligatorii în toate domeniile. Îndeplinirea acestui program, așa cum l-am descris mai sus, împinge științele naturii pe trepte din ce în ce mai înalte de abstracție, și în această măsură ne-am putea, pe bună dreptate, imagina că și raportul nostru față de întreaga structură intelectuală și socială a globului poate fi exprimat artistic numai dacă sîntem pregătiți să pătrundem în domenii foarte depărtate de viață.

Pe lîngă această tendință de extindere a spațiului vieții indivizilor devine vizibilă încă o altă trăsătură a sentimentului vieții tinerei generații, care a fost amănunțit descrisă de psihologi. Am putea-o numi tendința spre pă-

răsirea formei, strădania pentru distrugerea formei. Deosebit de vizibilă este această trăsătură, de exemplu, în muzica de jaz și în descendentele ei, foarte iubite de o parte a tineretului, instituite uneori ca un gen de concepție despre lume. Aici este caracteristică dispariția contururilor, atît a celor armonice cît și a celor ritmice ; tonul nu trebuie să mai fie pur, ci el trebuie întins peste tot, ritmul se împarte într-un ritm de bază și unul melodic, și cu aceasta el este scos din obișnuitul echilibru din muzica anterioară. În cîntec, în care în locul textelor în cele din urmă izbucnesc doar silabe fără legătură sau sunete stridente, s-a dizolvat și forma limbajului. Nu se introduce aici o formă nouă. Aceste trăsături ale muzicii de jaz, spun psihologii, caracterizează atmosfera spirituală a tineretului. Toate sentimentele indică o împrăștiere frapantă, confuzie și incertitudine, iar această incertitudine se întemeiază pe pierderea contactelor personale și realiste, adică pe îndepărtarea de realitate ; ea o promovează și o întărește în același timp. Günther Anders spune despre tineretul nostru : „El se simte nesigur la o oră tîrzie în această lume".

Aș vrea să presupun că acest aspect al sentimentului actual al vieții, sau, mai exact, al sentimentului vieții tineretului nostru, reprezintă o problemă centrală a artei moderne. Pare mai întîi, inevitabil, că această tendință spre de-formare trebuie să reprezinte negația oricărei arte, că de aici orice drum spre artă este absolut închis, deoarece arta este punere în formă. Împotriva tendinței spre distrucția formei nu ajută nici o experimentare cu formele noi, cu compoziții realizate de computeri etc. ; căci, dacă nici un conținut nu mai tinde spre informare, nu ne este de nici un ajutor inventarea unor forme noi. Și totuși am putea găsi în geneza științelor moderne ale naturii, în special a fizicii atomice, paralele la acest

proces de distrugere a formei. Am și amintit mai sus că înainte de formularea teoriei relativității și a teoriei cuantice a existat un stadiu ciudat de lipsă de claritate, în care fizicienii au simțit că toate conceptele cu care ei se orientaseră mai înainte în spațiul naturii nu mai voiau să funcționeze, că ele puteau fi folosite numai imprecis și estompat. Desigur, acest stadiu nu reprezenta o știință satisfăcătoare, ci tocmai negația științei. Oricine știa că ea nu va produce rezultate care să rămînă, dar ea avea o funcție decisivă în pregătirea viitoarei puneri în formă ; ea a creat spațiul liber necesar pentru a se apropia de conceptele abstracte cu care se vor putea ordona mai tîrziu marile domenii corelate.

S-ar putea ca și astăzi să fie la fel ; tendința spre „distrugerea formei" să provină dintr-un sentiment al vieții care nu numai crede că a simțit lipsa de siguranță a tuturor formelor de pînă acum, ci care a presimțit, în spatele acestor forme, raporturi ce vor putea probabil ca mai tîrziu să poarte din nou viață. Este posibil ca acesta să fie cel mai important conținut al artei moderne.

Dacă se consideră valabilă această analogie dintre fazele de evoluție ale artei moderne și cele ale științelor moderne ale naturii, atunci se recunoaște că astăzi nu trebuie să se vorbească în mod propriu de artă abstractă. În realitate, a existat și înainte artă abstractă, astfel au fost ornamentele arabe în evul mediu timpuriu sau arta fugii lui Bach, și va exista din nou.

Părți importante ale artei moderne ar fi mai bine să fie numite o artă spălăcită, imprecisă sau, așa cum singură s-a desemnat adesea, o artă a negării, a disoluției, la care ar fi de obiectat că pînă și afirmațiile unei asemenea arte depind mereu de formele vechi, care aici mai licăre doar neclar. Căci haosul pur este absolut neinteresant.

Dacă se judecă tendințele artei moderne plecînd de la această analogie — și am accentuat deja că este vorba aici de un punct de vedere foarte special —, atunci cel mai puternic element pozitiv ar fi numit tendința spre universalitate. Arta nu se mai poate lega de tradiția unui cerc cultural oarecare, determinat, ea vrea să reprezinte un sentiment al vieții pe care-l simt oamenii în relația cu întreg Pămîntul. Faptul că o asemenea tendință se poate folosi totuși și de mijloacele formale tradiționale este demonstrat de poezia aviatorului francez Exupéry. Forma este mereu neimportantă față de conținut. O nouă limbă care să exprime acest nou sentiment universal al vieții în mod nemijlocit și obligatoriu pentru toți nu a fost încă găsită, poate, deoarece realmente ea nu este evidentă ; din cele mai bune opere ale artei contemporane se înțelege în ce direcție trebuie căutată o asemenea limbă.

Probabil că pot fi comparate multe lucruri care se petrec astăzi în artă, tocmai ceea ce este înstrăinat în ea, cu acelea din cunoscutul stadiu anterior neclar din știință ; ceea ce pare la început atît de nesatisfăcător în particular va crea spațiul pentru cunoașterea noilor raporturi și pentru un nou limbaj. În această măsură am putea fi în general optimiști și asupra viitorului artei, deoarece acest stadiu pregătitor se va încheia și va conduce la o epocă a formelor clare. Nu trebuie totuși să exagerăm prin cuvinte mari ceea ce s-a petrecut pînă acum. Dacă, de exemplu, într-o lucrare importantă asupra picturii din secolul al XX-lea se scrie : „Am distrus prin conceptul nostru de viață culturile lumii, însă mortul trăiește și acționează în țesutul celui viu", atunci îmi pare că avem aici de-a face cu vorbe prea mari pentru un lucru rău ; același lucru fusese rău și în știință. A fost nevoie de un mare efort pentru ca de aici să se regăsească drumul spre ordine.

Tema generală a simpozionului de astăzi sună : „Semnificația cunoștințelor și a experiențelor științelor moderne ale naturii pentru artă". De aceea, în măsura în care luăm în serios analogia despre care a fost de mai multe ori vorba, va trebui să formulăm încă cîteva experiențe pe care le-am făcut noi, oamenii de știință, în evoluția obiectului nostru și care ar putea fi de folos pentru dezvoltarea viitoare a artei.

Aș dori să încep aceste observații finale cu o întrebare care se raportează la un cuvînt la modă în timpul nostru, cuvîntul „revoluție". Se vorbește atît de des de revoluție în știință, revoluție în artă, revoluție în societate. Întrebarea trebuie astfel formulată : Cum se înfăptuiește o revoluție în știință ? Răspunsul sună astfel : prin aceea că se încearcă să se modifice pe cît este posibil de puțin ; prin aceea că se concentrează toate eforturile spre soluționarea unei probleme speciale, vădit nerezolvată, și în aceasta se procedează atît de conservator pe cît este posibil. Căci numai acolo unde noul ne este impus de însăși problema cercetată, unde el provine într-o măsură determinată din afară, nu de la noi, acesta are mai tîrziu forță transformatoare. Și poate va atrage după el modificări extrem de mari. După experiențele noastre din știință, nimic nu este mai steril decît maxima : trebuie cu orice preț să faci ceva nou. Astfel, în știința noastră, fizica atomică, căutarea unor noi posibilități formale, a unor noi scheme matematice nu a produs nimic pînă cînd conținutul noilor corelații nu a devenit vizibil. Și mai nerațională ar fi opinia că ar trebui distruse toate formele vechi, noul avînd să se nască apoi de la sine. Cu o asemenea regulă, absolut sigur, nu am fi progresat niciodată în știință ; căci, în primul rînd, fără vechile forme nu am fi putut găsi niciodată forme noi ; și, în al doilea rînd, în

știință, ca și în artă, nu se întîmplă nimic de la sine, aici trebuie noi înșine să dăm configurație noului. În fine, nu trebuie uitată nici avertizarea : deși la sfîrșit este vorba de o nouă structură și de constituirea unor noi forme, noile forme pot să se nască numai dintr-un conținut nou ; niciodată nu se poate petrece invers. A face artă nouă înseamnă astfel, a face vizibile sau audibile noile conținuturi, nu doar a inventa forme noi.

Poate îmi va fi permis să sintetizez încă o dată conținutul acestei expuneri într-un număr de propoziții pe care le concep ca provocări pentru discuția viitoare. Se poate recunoaște în artă, ca și în știință, o tendință spre universalitate. În științele naturii dorim să interpretăm unitar toate fenomenele fizice, să înțelegem dintr-un punct de vedere unitar ființele vii și am parcurs deja pe acest drum o lungă distanță. În artă dorim să exprimăm un temei al vieții care ar fi comun tuturor oamenilor de pe Pămînt. Această tendință spre unificare și sintetizare conduce în mod necesar spre abstracție, probabil în artă la fel ca și în știință. Ceea ce vedem astăzi în arta modernă nu aparține însă, probabil, acestei trepte a abstracției ; el corespunde poate tocmai acelui stadiu tulbure care a trebuit să fie parcurs și în știință, în care se presimte că formele de pînă acum nu pot fi suficiente pentru a reprezenta noul conținut mai cuprinzător ; în care acest conținut, întrucît nu este suficient de clar, de viu, nu poate fi totuși cuprins formal.

Astfel îi apare astăzi imaginea artei unuia care judecă plecînd de la evoluția științelor naturii, dar care știe totuși, în același timp, că această judecată poate fi superficială și nejustificată.

TRANSFORMĂRI ALE STRUCTURILOR DE GÎNDIRE ÎN PROGRESUL ŞTIINŢEI *

În cele ce urmează va fi vorba de modificarea structurilor de gîndire în cadrul progresului ştiinţei. Trebuie să vă mărturisesc că iniţial mă gîndisem la o formulare ceva mai provocatoare a temei mele : „Cum se face o revoluţie ?“ ; mi-a fost teamă însă că dumneavoastră aţi fi aşteptat mult prea multe de la conferinţa mea ; m-am temut poate şi de faptul că o asemenea formulare ar fi atras un public neadecvat. De aceea m-am mulţumit cu tema mai precaută „Transformări ale structurilor de gîndire“. Va trebui să admitem însă că tocmai în ultimii 100 de ani, cel puţin în istoria ştiinţei noastre, în fizică, s-au produs transformări atît de radicale ale structurilor de gîndire, încît putem fi îndreptăţiţi să vorbim de una sau chiar de mai multe revoluţii ; numai în sensul „transformări ale structurilor de gîndire“ se va folosi aici cuvîntul „revoluţie“.

Ar trebui poate să schiţez la început modificările în structura gîndirii care s-au petrecut de la întemeierea fizicii newtoniene. Este raţional să se ia fizica newtoniană ca punct de plecare, întrucît metoda ştiinţei moderne, experimentul şi descrierea exactă a fenomenelor şi a raporturilor lor, s-a format şi s-a dezvoltat numai odată cu această fizică. Pe atunci oamenii se interesau de mişcarea corpurilor

* Conferinţă ţinută în faţa Asociaţiei oamenilor de ştiinţă germani, München, 1969.

sub influența forțelor. Din cauza marelui succes al științei newtoniene și a evidenței intuitive a enunțurilor ei — care nu era însă întotdeauna prezentă —, s-a născut ideea că în cele din urmă toate fenomenele fizice vor putea fi înțelese plecînd de la aceste concepte. Cele mai importante concepte erau astfel timpul, spațiul, corpul, masa, poziția, viteza, accelerația, forța. Forța reprezenta o acțiune a unui corp asupra altuia.

O vreme s-a putut extinde mecanica newtoniană păstrîndu-se acest sistem conceptual. Hidrodinamica, de exemplu, a apărut din mecanica newtoniană, prin conceperea doar ceva mai generală a noțiunii de corp. Apa nu era, evident, un corp solid. Elementele de volum din lichide puteau fi însă concepute tot ca corpuri, în sensul mecanicii newtoniene, reușindu-se astfel să se găsească o reprezentare matematică a cinematicii și dinamicii fluidelor, confirmată prin experiență. S-a formulat obișnuința de gîndire de a ne întreba mereu asupra mișcărilor corpurilor sau a unor particule materiale sub influența forțelor.

Numai în secolul al XIX-lea s-au atins granițele unui asemenea mod de a gîndi și întreba. Dificultățile s-au ivit în două locuri diferite și în două maniere diferite. În teoria electricității s-a dovedit insuficient conceptul de forță pe care un corp o exercită asupra altuia. Faraday a fost acela care a arătat, înaintea tuturor, că fenomenele electrice se pot înțelege mai bine dacă forța se interpretează ca o funcție de spațiu și timp, analoagă distribuției de viteză sau distribuției de presiune într-un fluid sau într-un corp elastic. Cu alte cuvinte : dacă se trece la conceptul de cîmp de forțe. O asemenea trecere părea, din punctul de vedere al fizicii clasice, numai atunci acceptabilă dacă se admitea că există o substanță, eterul, egal distribuită în spațiul cosmic, al cărei cîmp de tensiune sau cîmp de distorsiune ar putea să fie

identificat cu cîmpul de forţe al electrodinamicii. Fără un asemenea eter ipotetic nu era posibil să se interpreteze electrodinamica plecînd de la lumea conceptelor newtoniene. Numai după decenii s-a observat că acest eter ipotetic era de fapt absolut inutil, că el nu putea sau nu trebuia să se manifeste în fenomene, că deci era mai corect să i se acorde cîmpului de forţe o realitate fizică proprie, independentă de orice corp. Prin introducerea unei asemenea realităţi fizice s-a spart însă decisiv cadrul fizicii newtoniene. Trebuiau să se formuleze alte probleme decît cele care se puteau pune în fizica anterioară. Într-un mod cu totul general, s-ar putea spune că o modificare a structurii de gîndire se reliefează prin faptul că termenii primesc o semnificaţie diferită de aceea pe care o aveau înainte şi prin faptul că se pun alte probleme decît înainte.

Al doilea punct în care a ieşit în evidenţă insuficienţa vechiului sistem conceptual newtonian a fost termodinamica ; aici dificultăţile au fost mult mai subtile, mai puţin vizibile decît în teoria electricităţii. Totul părea la început simplu. Se putea aplica statistica la mişcarea unui mare număr de molecule, iar prin aceasta se puteau înţelege legităţile termodinamicii fenomenologice. Numai după ce s-a încercat să se întemeieze ipoteza dezordinii care aparţinea unei asemenea statistici, s-a observat că pentru aceasta va trebui depăşit cadrul fizicii newtoniene. Primul care a înţeles acest fapt în toată stricteţea lui a fost Gibbs. Au durat însă decenii pînă cînd concepţia lui Gibbs a reuşit să se impună — cel puţin într-o măsură parţială — şi poate şi astăzi ea pare multora străină şi neinteligibilă. În orice caz, înţelegerea ei cere o modificare a structurii de gîndire, întrucît în ea apare conceptul de situaţie a observării, care lipsea în fizica newtoniană, şi de aceea se pun adesea alte probleme fără ca aceasta să se realizeze în mod conştient.

La modificări cu adevărat radicale ale fundamentelor gîndirii fizice ne-a obligat însă numai secolul al XX-lea, prin teoria relativității și teoria cuantică. În teoria relativității s-a scos în evidență faptul că conceptul de timp din mecanica newtoniană nu mai este aplicabil atunci cînd este vorba de fenomene în care joacă un rol mișcările cu viteze foarte mari. Deoarece independența spațiului și a timpului aparținuse presupozițiilor fundamentale ale gîndirii anterioare, această structură de gîndire a trebuit să se modifice dacă se dorea să se recunoască relațiile dintre spațiu și timp, cerute de teoria relativității. Conceptul absolut al simultaneității, așa cum fusese el presupus ca de la sine înțeles în mecanica newtoniană, a trebuit să fie părăsit, fiind înlocuit ca unul care este dependent de starea de mișcare a observatorului. Critica repetată a teoriei relativității, contestarea ei îndîrjită de către anumiți fizicieni și filozofi, își are tocmai aici rădăcinile. Schimbarea structurii de gîndire, care este cerută aici, a fost considerată de acești critici pur și simplu de neînchipuit. Ea reprezintă, cu toate acestea, condiția necesară pentru o înțelegere a fizicii actuale.

Mult mai înalte au fost exigențele formulate de către teoria cuantică. Însăși descrierea obiectivă a naturii în sens newtonian — în care se atribuiau valori precise unor mărimi de stare ale sistemului, cum sînt locul, viteza, energia — a trebuit să fie părăsită în favoarea unei descrieri a situațiilor de observație în care unor rezultate li se pot pune în corespondență doar probabilități. Termenii în care se vorbește despre fenomenele atomare au devenit în acest fel problematici. Se putea vorbi despre unde sau despre particule, dar în același timp trebuia să se recunoască că nu era deloc vorba de o descriere dualistă a fenomenelor, ci, dimpotrivă, de una unitară ; sensul vechilor cuvinte, într-o anumită măsură, dispăruse. Este cunos-

cut că fizicieni atît de mari cum au fost Einstein, von Laue, Schrödinger nu erau pregătiți sau nu erau în stare să realizeze în structura gîndirii lor această schimbare.

Se poate constata retrospectiv că, în acest secol, în știința noastră au fost două mari revoluții științifice, care au deplasat fundamentele fizicii și, prin aceasta, au modificat întreaga construcție a acestei științe. Trebuie să ne întrebăm acum cum s-au produs asemenea transformări radicale sau — pentru a ne exprima mai sociologic, însă prin aceasta și mai nepotrivit — cum a reușit un grup mic de fizicieni să oblige pe alții la aceste modificări în structura științei și a gîndirii. Căci nu trebuie să amintim că ceilalți mai întîi s-au opus, au trebuit să se opună. Trebuie să preîntîmpin o obiecție imediată, numai parțial îndreptățită, care se ridică în acest punct. S-ar putea spune că această comparare a unei revoluții din știință cu o revoluție din societate este absolut eronată, deoarece în cele din urmă în știință este vorba despre ceva corect sau fals, pe cînd în societate despre ceva dezirabil sau mai puțin dezirabil. Această obiecție ar putea fi parțial justificată. Oricum, trebuie să se admită că în locul conceptelor „corect" și „fals" în societate ar putea apărea și „posibil" sau „imposibil"; căci în condiții exterioare date nu va putea fi posibilă orice formă socială. Posibilitatea istorică reprezintă astfel un criteriu obiectiv al corectitudinii, după cum în știință acest criteriu este experimentul. Oricum ar fi, ne vom întreba cum s-au produs aceste revoluții.

Îmi este permis poate să încep cu istoria teoriei cuantice, întrucît aceasta îmi este cel mai exact cunoscută. Atunci cînd s-a ajuns, în ultima treime a secolului trecut, la convingerea că atît termodinamica statistică cît și radiația electromagnetică pot fi pe deplin înțelese, a trebuit să se conchidă că se va putea reuși să se deriveze și legea radiației așa-numitului „corp

negru". Aici au apărut însă dificultăţi neaşteptate, care au generat un sentiment de incertitudine. Aplicarea directă a legilor termodinamicii statice, care se dovediseră altfel veridice, la teoria radiaţiei a condus la un rezultat absurd, care nu putea fi în nici un caz corect. Aceasta nu a făcut pe un fizician sau un grup de fizicieni să tragă alarma şi să cheme la răsturnarea fizicii. Nici vorbă de aşa ceva. Fizicienii buni ştiau că această construcţie a fizicii clasice era atît de puternic articulată, atît de sigur ancorată în domeniul său prin mii de experimente încît o modificare prin forţă nu ar fi dus decît la contradicţii. De aceea s-a făcut cel mai raţional lucru dintre cele care se pot face la început în asemenea cazuri: s-a aşteptat dacă nu cumva prin noua evoluţie vor apărea puncte de vedere care să permită o soluţionare a dificultăţilor în cadrul fizicii clasice. Printre fizicienii care s-au ocupat cu aceste probleme, a existat un fizician, un spirit extrem de conservator, care nu s-a mulţumit cu simpla aşteptare, ci a crezut că prin analize mai atente, mai profunde s-ar putea ajunge la aceste noi puncte de vedere. Acesta era Max Planck. El nu se gîndea la răsturnarea fizicii clasice, ci dorea numai să se clarifice problema încă nerezolvată a radiaţiei „corpului negru". În cele din urmă, spre groaza sa, Planck a descoperit că pentru interpretarea acestei radiaţii fusese nevoit să introducă o ipoteză care nu mai corespundea cadrului fizicii clasice, care părea din punctul de vedere al acestei fizici vechi o idee complet nebunească. El a încercat apoi să înmoaie ipoteza sa cuantică, pentru a face mai puţin eclatantă contradicţia ei cu fizica clasică. Însă nu a avut, în această direcţie, nici un succes.

Numai după aceea s-a făcut pasul următor, care a anunţat începutul unei adevărate revoluţii. Einstein a stabilit că trăsăturile teoriei cuantice a lui Planck, care contraziceau fizica

clasică, se manifestă și la alte fenomene, de exemplu la căldura specifică a corpurilor solide sau la radiația luminoasă. Plecînd de aici, teoria cuantică s-a extins treptat, pătrunzînd în structura atomului, în chimie, în teoria corpurilor solide ; în mereu mai multe locuri s-a recunoscut că ipoteza cuantică descrie, evident, o caracteristică esențială a naturii care fusese neglijată pînă atunci. Fizicienii au început să se împace cu gîndul că, din cauza contradicțiilor interne inevitabile, nu era posibilă, cel puțin temporal, o înțelegere reală a fizicii.

Știți cum s-a mers mai departe. Numai la sfîrșit, la mijlocul anilor '20, a devenit clar cît de radicală era reconstrucția la care trebuia supus întregul edificiu al fizicii, în special fundamentele lui. Tocmai atunci s-au impus și rezistențele puternice împotriva teoriei încheiate. Pînă atunci teoria cuantică nu trebuia să fie luată în serios, ea ascundea prea multe contradicții interne, de aceea, cu siguranță, nu putea să fie valabilă. Începînd însă cu a doua jumătate a deceniului al treilea, teoria cuantică era încheiată și necontradictorie. Acela care dorea s-o înțeleagă trebuia, cel puțin în domeniul fizicii, să-și modifice structura de gîndire, el trebuia să pună alte întrebări și să folosească alte imagini intuitive decît acelea de pînă ac m. Cunoașteți că aceasta a creat dificultăți dintre cele mai mari multor fizicieni. Înșiși Einstein, von Laue, Planck, Schrödinger nu erau pregătiți să recunoască ca valabilă noua situație creată după revoluție. Dar accentuez încă o dată, în nici un moment al istoriei cuantice nu a existat vreun fizician sau vreun grup de fizicieni care să fi dorit să provoace o răsturnare a fizicii.

Să comparăm însă această evoluție a teoriei cuantice cu alte revoluții care s-au produs înainte în istoria fizicii. Să ne întrebăm deci cum s-a născut teoria relativității. Punctul ei de plecare l-a constituit electrodinamica corpurilor în mișcare. Întrucît undele Hertz erau concepute

ca oscilații ale unui mediu elastic, eterul — plecînd astfel de la cadrul conceptual al fizicii newtoniene —, a trebuit să se pună întrebarea : ce s-ar întîmpla dacă într-un experiment am avea de-a face cu corpuri care se află în mișcare relativ la eter. S-au formulat propuneri neclare care, deja din cauza caracterului lor complicat, păreau false. Ar fi, desigur, foarte tentant să cercetăm cînd o formulă propusă pare falsă și cînd nu. Nu vreau însă să mă opresc la aceasta. Vă amintesc mai degrabă că noțiunea „mișcare relativă la eter" a părut suspectă încă de pe atunci multor fizicieni, întrucît eterul nu putuse fi observat încă niciodată. Fizicienii aveau impresia că intraseră într-un hățiș și au fost bucuroși că se putea cerceta experimental mișcarea Pămîntului față de eter prin renumitul experiment al lui Michelson. După cum se știe, rezultatul a arătat că nici aici nu se observa absolut deloc prezența eterului. Ca urmare s-a răspîndit printre fizicieni un scepticism general față de ideea de eter și față de calculele întemeiate pe ea. Nici atunci nu a existat însă vreun grup de fizicieni care să fi tras semnalul de alarmă și să anunțe răsturnarea fizicii existente. Dimpotrivă, s-au depus eforturi pentru a se găsi o soluție în cadrul fizicii de atunci, acceptîndu-se modificări extrem de mici ale acesteia. Astfel, Lorentz a făcut propunerea introducerii unui timp aparent în sistemele de referință aflate în mișcare, corelat cu timpul măsurat în sistemele aflate în repaus prin celebrele transformări Lorentz, și a acceptării ideii că acest timp este hotărîtor pentru deosebirile de deplasare dintre diferitele raze de lumină. Numai după aceea a observat Einstein că întreaga imagine s-ar simplifica infinit dacă s-ar identifica timpul aparent al transformărilor Lorentz cu timpul real. Prin aceasta, transformările Lorentz au devenit o afirmație asupra structurii spațiului și timpului. Dacă se consideră validă această afirmație, atunci cuvintele „spațiu" și

„timp" primesc altă semnificație decît aceea din fizica newtoniană. Conceptul de simultaneitate a fost relativizat, iar structura gîndirii noastre fizice, care presupune conceptele de „spațiu" și „timp", s-a modificat. Și împotriva acestei revoluții a apărut mai tîrziu o puternică opoziție, care a provocat nenumărate discuții asupra teoriei relativității. Pentru moment nu vreau să accentuez decît faptul că și această revoluție din fizică s-a produs fără ca cineva să fi avut intenția de a distruge construcția fizicii clasice sau de a o modifica în mod radical.

Să ne întoarcem cu încă o etapă înapoi în istoria fizicii, la teoria lui Maxwell și la termodinamica statistică; astăzi nu ne mai dăm seama de obicei că și atunci a fost vorba de profunde transformări ale gîndirii fizice. Nu mai putem însă să considerăm astăzi aceste transformări independent de acelea care s-au produs mai tîrziu în cadrul teoriei relativității și al teoriei cuantice. Introducerea conceptului de cîmp de către Faraday și Maxwell a fost, pentru a spune astfel, primul pas în introducerea cîmpului ca o realitate fizică de-sine-stătătoare prin renunțarea ulterioară la imaginea eterului, iar în forma pe care Gibbs a dat-o termodinamicii statistice a fost anticipat deja conceptul de stare de observare, care a jucat mai tîrziu un rol atît de decisiv în teoria cuantică. Faptul că a fost vorba de modificări importante în structura gîndirii fizice se poate recunoaște retrospectiv poate cel mai evident după rezistența pe care aceste teorii au înfruntat-o multă vreme. Despre acest aspect al problemei va fi vorba însă mai tîrziu. Și despre aceste două cazuri este valabil ceea ce s-a spus mai sus despre teoria relativității și teoria cuantică; în nici un stadiu al dezvoltării nu s-a gîndit vreun fizician la răsturnarea fizicii existente. Dimpotrivă, multă vreme s-a sperat că se va putea reuși să se înțeleagă noile fenomene în cadrul fizicii newtoniene, numai în faza fi-

nală dovedindu-se că înseşi fundamentele fizicii fuseseră deplasate.

Cîteva cuvinte despre rezistenţa puternică pe care a primit-o orice modificare în structura de gîndire. Acela care lucrează în ştiinţă este obişnuit să cunoască de-a lungul vieţii noi fenomene sau noi interpretări ale fenomenelor sau poate să le descopere el însuşi. El este pregătit să-şi completeze gîndirea sa cu noi conţinuturi. El nu poate fi, în sensul obişnuit al termenului, un spirit conservator. De aceea, progresul ştiinţei se produce în general fără mari rezistenţe şi învrăjbiri. Cu totul alta este însă situaţia cînd un grup de fenomene ne obligă la modificări în structura gîndirii. Aici chiar fizicieni deosebit de remarcabili întîmpină dificultăţi foarte mari. Deoarece exigenţa schimbării structurii de gîndire poate naşte sentimentul unei prăbuşiri a terenului de sub picioare. Un savant care a obţinut ani de-a rîndul mari succese în ştiinţă cu structura de gîndire la care s-a adaptat în tinereţe nu poate fi gata să-şi modifice această structură numai pe baza unor noi experimente. În cazul cel mai favorabil, poate apărea o modificare de conştiinţă, după confruntări de ani de zile cu noua situaţie, care să deschidă drumul spre noua manieră de gîndire. Cred că nu putem aprecia suficient de mult dificultăţile care apar în aceste situaţii. Cine a trăit desperarea cu care reacţionează în ştiinţă oameni inteligenţi şi conciliaţi la provocarea schimbării structurii de gîndire se poate, dimpotrivă, doar mira că asemenea revoluţii sînt în general posibile în ştiinţă.

De ce se produc ele totuşi ? Răspunsul cel mai imediat, probabil însă unul necorespunzător ar suna : deoarece în ştiinţă există „adevărat“ şi „fals“ şi deoarece noile reprezentări sînt tocmai cele adevărate, iar cele vechi false. Acest răspuns presupune că în ştiinţă adevărul se impune întotdeauna. Aceasta însă nu corespunde deloc. Astfel, reprezentarea heliocen-

trică asupra sistemului planetar pe care a dezvoltat-o Aristarch a fost părăsită în favoarea concepției geocentrice a lui Ptolemeu, deși aceasta era falsă. Și mai necorespunzătoare ar fi, desigur, o altă întemeiere a succesului revoluțiilor : ele se impun deoarece fizicienii se alătură bucuros unei mari personalități revoluționare, cum a fost, de exemplu, Einstein. Nici vorbă de așa ceva ; căci rezistența interioară în fața unei modificări a structurii de gîndire este mult prea puternică pentru a putea fi depășită prin autoritatea unui singur om. Adevărata justificare este următoarea : cei care activează în domeniul științei observă că prin noua structură de gîndire se pot obține succese mai mari în disciplina lor decît cu cele vechi ; deoarece noul se dovedește mai fructuos. Căci acela care s-a decis pentru calea științei dorește înainte de toate să progreseze, să fie mereu prezent atunci cînd se deschid noi drumuri. El nu se mulțumește numai să repete ceea ce este vechi și ceea ce a fost mereu spus. De aceea, el va fi interesat de acele probleme în cazul cărora, pentru a spune astfel, „este ceva de făcut", cînd i se prefigurează o activitate rodnică. Astfel s-au impus teoria relativității și teoria cuantică. Desigur, prin aceasta se stabilește ca ultimă instanță un criteriu de valoare pragmatic, și nu putem fi absolut siguri că astfel se realizează întotdeauna ceea ce este adevărat. Cel mai renumit exemplu este din nou astronomia ptolemaică. În orice caz însă, aici se manifestă forțe care ar putea fi mai puternice decît rezistența internă împotriva unei schimbări a structurii de gîndire.

Să ne reîntoarcem din nou de la stadiul final al unei revoluții științifice la stadiul ei inițial. Din exemplele pe care le-am adus cred că se poate înțelege că în istorie nu a existat niciodată dorința unei reconstrucții radicale a fizicii. La început se află mai degrabă mereu o problemă specială, delimitată, care nu mai

poate găsi o soluționare în cadrul tradițional. Revoluția va fi realizată de cercetători care încearcă să rezolve această problemă specială, dar care doresc să modifice pe cît posibil de puțin restul științei anterioare. Tocmai dorința de a modifica cît mai puțin posibil starea anterioară ne relevă faptul că, în ceea ce privește noul, avem de-a face cu o necesitate obiectivă, că modificarea structurii de gîndire este impusă de fenomene, de natura însăși, și nu de vreo autoritate umană oarecare.

Îmi este permis să deplasez această analiză și asupra altor revoluții, cum sînt acelea din artă sau din societate ? Doresc acum, la sfîrșit, să revin astfel la întrebarea pe care am formulat-o la început : „cum se face o revoluție ?" Pentru moment aș admite, provizoriu, fără o discuție cu istoricii, că răspunsul meu ar putea fi valabil în toate domeniile. Atunci răspunsul ar suna astfel : prin aceea că se încearcă să se modifice *atît de puțin* pe cît este posibil. Dacă, natural, s-a înțeles că există o problemă care nu poate fi rezolvată în cadrul tradițional, atunci trebuie să se concentreze toate forțele numai asupra soluționării acestei probleme, fără a ne gîndi mai întîi la modificările din alte domenii. Atunci avem — cel puțin în știință — cea mai mare probabilitate ca din aceasta să se poată naște o adevărată revoluție, în măsura în care există necesitatea unor noi fundamente. Aceasta însă am presupus-o deja, fără această necesitate nu se produce cu siguranță absolut nimic ce s-ar putea compara cu o revoluție. Aș dori să las istoricilor prezenți aici să mediteze asupra faptului dacă răspunsul formulat mai sus este valabil în istorie. Eu aș putea să aduc ca exemplu pentru această concepție reforma bisericii de către Luther. Necesitatea reformării bisericii din acea vreme a fost înțeleasă de Luther și de alții, dar la început aceasta nu a avut nici un fel de urmări. Luther a înțeles apoi că acel comerț cu indulgențe batjocorea

convingerile religioase ale oamenilor și a considerat absolut necesar ca lucrurile să fie puse în ordine. Luther nu a avut niciodată intenția de a modifica religia sau de a dezbina biserica. La început el și-a concentrat toate forțele pentru rezolvarea acestei probleme a comerțului cu indulgențe ; din aceasta a urmat însă reforma, istoric inevitabilă.

De ce este însă fals să se ceară distrugerea întregii realități existente cînd după aceea are loc totuși o revoluție ? Din cele ce au fost spuse pînă acum, răspunsul reiese de la sine : deoarece prin aceasta se intră în pericolul de a voi să introduci necritic modificări și acolo unde legile naturii fac pentru totdeauna imposibilă o modificare. În știință numai fantaștii sau nebunii, cum sînt inventatorii unui perpetuum mobile, încearcă să ignoreze pur și simplu legile existente ale naturii, iar din aceasta, evident, nu se produce nimic. Numai acela care se străduiește să schimbe *atît de puțin* cît este posibil poate avea succes, deoarece el evidențiază prin aceasta necesitatea obiectivă, iar micile modificări, care în cele din urmă se dovedesc a fi absolut necesare, obligă apoi, în decursul anilor sau al deceniilor, la modificări în structura de gîndire, deci la transformări în fundamente.

V-am expus această analiză a evoluției istorice a fizicii noastre deoarece mă tem că termenul „revoluție", la modă astăzi, ar putea conduce pe mulți în direcții eronate și întrucît cred că cercetarea istoriei fizicii moderne ar putea contribui la înlăturarea acestor orientări greșite. Dar, așa cum am spus, vă las să meditați cît de mult pot fi comparate revoluțiile din știință cu revoluțiile din societate ; o asemenea analiză poate fi întotdeauna numai pe jumătate adevărată ; ea însă nu a fost reliefată aici decît pentru a o supune cercetării și dezbaterii dumneavoastră.

SEMNIFICAȚIA FRUMOSULUI ÎN ȘTIINȚELE EXACTE ALE NATURII *

Atunci cînd un reprezentant al științelor naturii ia cuvîntul la o festivitate a Academiei de artă, el nu poate cuteza să exprime opinii personale pe tema artei ; căci artele sînt departe de domeniul activității sale. Poate îi este însă permis să abordeze problema frumosului. Întrucît, deși epitetul „frumos" este întrebuințat pentru caracterizarea artelor, domeniul frumosului se întinde cu mult dincolo de cîmpul lui de acțiune. Cu siguranță, el cuprinde și alte domenii ale vieții sprituale, iar frumusețea naturii se reflectă și în frumusețea științei.

Poate este bine să ne întrebăm mai întîi, fără vreo încercare de analiză filozofică a conceptului de „frumos", unde se poate întîlni frumosul în cadrul științelor exacte. Să mi se permită să încep cu un eveniment personal. Pe cînd eram elev în clasele inferioare ale Gimnaziului Max de aici, din München, mă interesau numerele. Mă bucura deosebit să le cunosc proprietățile, de exemplu să știu dacă ele sînt numere prime sau nu, să probez dacă nu ar putea fi reprezentate ca sume ale unor puteri pătrate sau, în fine, să demonstrez că trebuie să existe un număr nelimitat de numere prime. Deoarece tatăl

* Conferință ținută la Academia bavareză de artă, München, 1970. Apărută inițial într-o ediție bibliofilă (în limbile germană și engleză) în colecția BELSER-PRESSE, *Meilensteine des Denkens und Forschens*, Stuttgart, 1971.

meu considera mult mai importante cunoștințele mele de latină decît interesul meu pentru aritmetică, mi-a adus odată de la biblioteca de stat un tratat scris în latină al matematicianului Kronecker, în care proprietățile numerelor întregi erau puse în relații cu problema geometrică a împărțirii unui cerc într-un număr de părți egale. Cum a ajuns tatăl meu la aceste cercetări din mijlocul secolului trecut, nu mai știu. Studiul tratatului lui Kronecker mi-a făcut însă o puternică impresie, căci am simțit cu totul nemijlocit ca frumos faptul că din problema diviziunii cercului, ale cărei extrem de simple cazuri ne erau cunoscute deja din școală, se putea învăța ceva asupra unor probleme de cu totul alt gen din teoria elementară a numerelor. Cu totul îndepărtat plutea deja întrebarea dacă există numere întregi și forme geometrice, adică dacă ele există în afara minții umane sau ele nu sînt decît instrumente construite de spiritul uman pentru înțelegerea lumii. Asupra unor asemenea probleme nu puteam încă medita pe atunci. Numai impresia unui ceva foarte frumos era foarte directă, ea nu avea nevoie de nici o întemeiere sau explicare.

Ce era însă aici frumos ? Deja în antichitate existau două definiții ale frumuseții, care se aflau într-o anumită opoziție una față de alta. Controversa dintre aceste două definiții a jucat în special în Renaștere un mare rol. O definiție determină frumusețea ca fiind corespondența justă a părților între ele și cu întregul. Cealaltă, mergînd pînă la Plotin, fără a se referi deloc la părți, determină frumusețea ca străbaterea fenomenelor materiale de către splendoarea divină a „Unului". Va trebui să ne oprim mai întîi, în cazul exemplului matematic, la prima definiție. Părțile sînt aici proprietățile numerelor întregi, legile construcțiilor geometrice, pe cînd întregul este, evident, sistemul de axiome matematice subiacent, căruia îi aparțin aritmetica și geometria euclidiană ; deci marele cadru

garantat prin lipsa de contradicții a sistemului de axiome. Recunoaștem că părțile individuale se acordă împreună, că ele aparțin tocmai ca părți acestui întreg, și simțim unitatea și simplicitatea acestui sistem axiomatic, fără nici o reflecție, ca frumoase. Frumusețea nu are astfel nimic de-a face cu străvechea problemă a „Unului" și a „Multiplului", aceea care a stat — într-o strînsă corelație cu problema „ființei" și „devenirii" — în centrul filozofiei antice grecești.

Întrucît și rădăcinile științei exacte se află tot aici, ar fi bine să schițăm, oricît de sumar, tendințele de gîndire ale epocii antice. La începutul filozofiei grecești a naturii se află problema principiului fundamental, din care se poate înțelege multiplicitatea pestriță a fenomenelor. Răspunsul cunoscut al lui Thales, „Apa este temeiul material al tuturor lucrurilor", conține, după Nietzsche, trei exigențe filozofice fundamentale, care au devenit importante în evoluția ulterioară, și anume, prima, că trebuie să căutăm un asemenea principiu fundamental unitar, a doua, că răspunsul va trebui dat numai rațional, adică fără a se face apel la un mit, și în fine, a treia, că latura materială a lumii trebuie să joace aici un rol hotărîtor. Sub aceste exigențe se ascunde, natural, cunoașterea faptului că înțelegerea nu poate însemna niciodată decît : recunoașterea în multiplicitate a raporturilor, adică a trăsăturilor unitare, a proprietăților înrudite.

Dacă există însă un asemenea temei unitar al tuturor lucrurilor, atunci sîntem împinși necesar spre întrebarea — și acesta a fost următorul pas pe această linie de gîndire —, cum devine inteligibilă modificarea plecînd de la el. Dificultatea poate fi recunoscută în special în celebrul paradox al lui Parmenide : dacă numai existența există, atunci nu poate fi nimic în afara existenței, care ar fracționa această existență, care i-ar putea provoca modificările. De

aceea, existența trebuie să fie concepută ca veșnică, avînd o singură formă, ca nelimitată în spațiu și timp. Modificările, pe care le simțim nemijlocit, nu pot fi decît aparență.

Gîndirea greacă nu s-a putut opri multă vreme la acest paradox. Schimbarea veșnică a fenomenelor era nemijlocit dată, problema era aceea de a o explica. Încercarea de a depăși aceste dificultăți a îndreptat diferiți filozofi în direcții diferite. Un drum a dus la teoria atomistă a lui Democrit. Pe lîngă existență poate exista, ca posibilitate, și inexistența, și anume ca o posibilitate a mișcării și a formei, iar aceasta înseamnă : spațiul vid. Existența este repetabilă, și astfel se ajunge la imaginea atomului în spațiul vid — această reprezentare care a fost infinit de rodnică mai tîrziu, ca temei al științelor naturii. Despre acest drum nu va fi mai mult vorba aici. Poate ar trebui să fie descris mai exact celălalt drum, care a dus la ideile lui Platon și care ne aduce în directa vecinătate a problemei frumosului.

Acest drum începe în școala lui Pitagora. Aici trebuie să se fi născut gîndul că matematica, ordinea matematică ar fi principiul fundamental, din care poate fi înțeleasă multitudinea fenomenală. Despre Pitagora însuși sînt doar puține lucruri cunoscute. Cercul său de elevi pare să fi fost mai degrabă o sectă religioasă, și numai doctrina metempsihozei și stabilirea unor anumite porunci și interdicții morale religioase pot fi legate cu siguranță de Pitagora. În școala sa, muzica și matematica jucau însă un rol important, și lucrul acesta a fost decisiv ulterior. Pitagora se pare că a făcut renumita descoperire după care corzile oscilatorii întinse sună armonic împreună dacă lungimile lor se află în raport rațional de numere. Structura matematică, și anume raportul numeric rațional ca izvor al armoniei — cu siguranță aceasta a fost una dintre descoperirile cele mai pline de consecințe care s-au realizat în

general în istoria umanității. Tonurile armonice comune a două corzi produc un sunet frumos. Urechea umană simte disonanța din zgomotul vibrațiilor ca deranjantă, pe cînd liniștea armoniei, consonanța, ca frumoasă. Raportul matematic era prin aceasta și izvorul frumosului.

Frumusețea, așa suna una dintre definițiile antice, este corespondența justă a părților între ele și cu întregul. Părțile sînt aici tonurile individuale, întregul este sunetul armonic. Relația matematică poate reuni două părți anterior independente într-un ceva întreg, producînd prin aceasta frumosul. Tocmai această descoperire care s-a realizat în doctrina pitagoricilor a produs forme cu totul noi de gîndire, ducînd la aceea că temeiul întregii existențe nu mai trebuie considerat materie sensibilă — așa cum era apa la Thales —, ci un principiu formal ideal. Prin aceasta s-a formulat o idee fundamentală, care a reprezentat mai tîrziu fundamentul întregii științe exacte a naturii. Aristotel ne spune despre pitagorici în *Metafizica* sa: „Ei, care cei dintîi s-au îndeletnicit cu matematica, făcînd-o să propășească, s-au crezut îndreptățiți să considere principiile ei ca fiind principiile întregii ființe... Descoperind că raporturile și legile armoniei muzicale se pot reda prin numere, că celelalte lucruri sînt făcute în natura lor după asemănarea numerelor, iar numerele sînt lucrul cel mai de seamă din lume, ajunseseră la concluzia că elementele numerelor sînt elementele tuturor lucrurilor și că întregul univers se reduce la număr și armonie".

Înțelegerea pestriței multitudini a fenomenelor trebuie astfel să se producă prin aceea că noi recunoaștem în ele principii formale unitare, care ar putea fi exprimate în limbajul matematicii. Prin aceasta însă se realizează și un raport strîns între inteligibil și frumos. Căci, dacă se recunoaște frumosul ca fiind corespondența reciprocă a părților și corespondența lor

cu întregul și dacă, pe de altă parte, orice înțelegere se poate realiza numai prin acest raport formal, atunci trăirea frumosului devine aproape identică cu trăirea inteligibilului sau, cel puțin, a raportului doar bănuit. Pasul următor în această direcție a fost făcut de către Platon prin formularea doctrinei ideilor. Platon opune obiectelor imperfecte ale lumii corporale sensibile formele matematice perfecte, cum s-ar opune, de exemplu, orbitele imperfecte ale aștrilor cercului perfect, matematic definit. Lucrurile materiale sînt copii, umbre ale configurațiilor ideale reale ; și astfel, am încerca să continuăm astăzi, aceste forme ideale sînt reale deoarece și în măsura în care ele devin „active" în procesele materiale. Platon deosebește, așadar aici cu toată claritatea o existență corporală accesibilă simțurilor și o existență pur ideală, care nu poate fi cuprinsă cu simțurile, ci numai în actele spirituale. Această existență ideală nu trebuie absolut deloc să fie produsă de gîndirea umană. Din contră, ea este existența veritabilă după care sînt copiate lumea corporală și gîndirea umană. Conceperea ideilor de către spiritul uman este, după cum spune chiar numele ei, mai degrabă o privire artistică, o presimțire semiconștientă decît o cunoaștere rațională. Este o reamintire a formelor care sînt întipărite în acest suflet dinaintea ființării lui pe Pămînt. Ideile centrale sînt acelea ale frumosului și binelui, în care este vizibil divinul și prin contemplarea cărora îi cresc aripi sufletului. Într-un fragment din *Phaidon* este exprimată ideea : sufletul se îngrozește, el se înfioară la contemplarea frumosului deoarece el simte că ceva se trezește în el, ceva ce nu a fost transpus în el din afară, ci a fost deja întotdeauna plasat în el într-un domeniu adînc, inconștient.

Să ne întoarcem însă din nou la înțelegere și deci la știință. Multiplicitatea diversă a fenomenelor poate fi înțeleasă, spun Pitagora și Platon, deoarece și în măsura în care există princi-

pii unitare subiacente, accesibile unei reprezentări matematice. Prin aceasta a fost anticipat de fapt întregul program al științelor contemporane exacte ale naturii. El însă nu s-a putut realiza în antichitate, deoarece lipseau în mare măsură cunoștințele empirice asupra detaliilor proceselor.

Prima încercare de a se pătrunde în cunoașterea acestor detalii s-a realizat, după cum se știe, în filozofia lui Aristotel. Dar multitudinea nemărginită care i se oferă la început cercetătorului care observă natura, în condițiile lipsei complete a oricăror puncte de vedere, plecînd de la care s-ar putea recunoaște o ordine, a trebuit să ducă la retragerea principiilor formale unitare, pe care le căutaseră Pitagora și Platon, în fața descrierii detaliilor. Așa se întîmplă în orice epocă a opoziției, care se manifestă, de exemplu, și astăzi în discuția dintre fizica experimentală și fizica teoretică, dintre cercetătorul empiric, care printr-o muncă migăloasă, atentă și conștiincioasă creează mai întîi condițiile pentru o înțelegere a naturii, și teoreticianul, care schițează imagini matematice prin care încearcă să ordoneze și să se înțeleagă natura — imagini matematice care se dovedesc a fi idei adevărate, subiacente proceselor naturii nu numai prin reprezentarea corectă a experienței, ci înainte de toate și prin simplitatea și frumusețea lor. Încă Aristotel s-a exprimat ca un cercetător empiric asupra pitagoricilor care, așa cum spunea el, „nu caută explicațiile și teoriile avînd în vedere faptele, ci, preferînd teoriile și opiniile favorite, desfigurează faptele și se grozăvesc ca ordonatori ai cosmosului". Privind retrospectiv istoria științelor exacte ale naturii, s-ar putea constata că descrierea corectă a fenomenelor naturale s-a dezvoltat tocmai prin tensiunea dintre cele două concepții opuse. Speculația matematică pură devine nefructuoasă deoarece ea nu mai regăsește drumul de la jocul cu mulțimea formelor posibile la acele puține

forme după care natura este realmente constituită. Iar empiria pură este nerodnică, deoarece ea se sufocă, în cele din urmă, în nesfîrşite clasificări fără o relaţie interioară. Numai din tensiunea, din jocul dintre multitudinea faptelor şi formelor matematice care ar putea să le corespundă pot apărea progresele decisive.

Această tensiune nu a mai putut fi reluată în antichitate, şi astfel, pentru multă vreme, calea cunoaşterii s-a separat de calea frumosului. Semnificaţia frumosului pentru înţelegerea naturii a devenit din nou evidentă atunci cînd odată cu debutul epocii moderne s-a revenit de la Aristotel la Platon. Şi numai prin această întoarcere s-a dezvăluit întreaga rodnicie a modului de gîndire iniţiat de Pitagora şi Platon.

Deja renumitele experienţe cu căderea corpurilor, pe care Galilei nu le-a întreprins totuşi în Turnul înclinat din Pisa, ne arată în modul cel mai clar acest lucru. Galilei începe cu observaţii atente, fără a lua în seamă autoritatea lui Aristotel ; totuşi el încearcă — urmînd doctrina lui Pitagora şi Platon — să găsească forme matematice care corespund faptelor observate empiric şi astfel ajunge la legile căderii corpurilor. El a trebuit însă, şi acesta este un punct decisiv pentru a recunoaşte în fenomene frumuseţea formelor matematice, să idealizeze faptele sau, cum a formulat-o dezaprobator Aristotel, să desfigureze faptele. După doctrina lui Aristotel, toate corpurile aflate în mişcare dacă încetează acţiunea unor forţe externe ajung în cele din urmă în repaus, iar tocmai aceasta este experienţa generală. Galilei afirmă, dimpotrivă, că corpurile îşi păstrează starea de mişcare uniformă în lipsa acţiunii unor forţe exterioare. Galilei a putut îndrăzni să deformeze astfel faptele deoarece el a putut să arate faptul că corpurile aflate în mişcare sînt supuse permanent unei rezistenţe de frecare şi că în realitate mişcarea persistă cu atît mai mult cu cît sînt excluse mai bine aceste forţe de frecare. Prin

aceste deformări ale faptelor, prin această idealizare, Galilei a obținut o lege matematică simplă, și aceasta a fost începutul științei moderne a naturii.

Cîțiva ani mai tîrziu, Kepler a reușit să descopere în rezultatele observațiilor sale foarte atente asupra orbitelor planetelor noi forme matematice și să formuleze cele trei legi renumite. Cît de aproape s-a simțit pe sine Kepler în această descoperire de vechile moduri de gîndire ale lui Pitagora și cît de mult l-a condus în formularea lui frumusețea corelațiilor reiese deja din aceea că el a comparat rotația planetelor în jurul Soarelui cu oscilațiile unei coarde, vorbind de un sunet comun armonic al diferitelor planete, de armonia sferelor, și că, în fine, la sfîrșitul operei sale asupra armoniei lumii el a exclamat entuziasmat : „Îți mulțumesc, Dumnezeule creator, pentru că m-ai lăsat să contemplu frumusețea în opera creației tale". Kepler a fost profund impresionat de faptul că el a ajuns aici la un raport cu totul central, care nu a fost născocit de oameni și care îi fusese lui rezervat spre a fi cunoscut, un raport de maximă frumusețe. Cîteva decenii mai tîrziu, în Anglia, Isaac Newton a degajat complet acest raport și l-a descris în detaliu în opera sa *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Prin aceasta drumul științelor exacte ale naturii a fost trasat pentru aproape două secole.

Este vorba însă aici numai de cunoaștere sau și de frumos ? Dacă este vorba și despre frumos, ce rol a jucat el în descoperirea raporturilor ? Să ne reamintim încă o dată definiția antică : „Frumusețea este corespondența justă a părților între ele și cu întregul". Faptul că acest criteriu corespunde în cea mai înaltă măsură unei construcții cum este mecanica newtoniană nu mai are nevoie de nici o explicație. Părțile sînt aici procesele mecanice individuale ; acelea pe care noi le izolăm atent prin aparate, la fel ca și acelea care se desfășoară nemijlocit în fața

noastră în jocul divers al fenomenelor. Iar întregul este tocmai principiul formal unitar căruia i se supun toate aceste procese și care a fost stabilit matematic de Newton într-un sistem simplu de axiome. Unitatea și simplicitatea nu sînt tocmai identice. Faptul însă că într-o asemenea teorie multitudinii i se opune unul, că în ea multitudinea este unificată are totuși drept consecință și faptul că teoria este percepută de noi simultan ca simplă și frumoasă. Semnificația frumosului pentru descoperirea adevărului a fost recunoscută și evidențiată în toate vremurile. Principiul latin „Simplex sigillum veri" („Simplul este sigiliul adevărului") se află înscris cu litere mari în amfiteatrul de fizică al Universității Göttingen ca avertizare pentru acela care dorește să descopere noul, iar celălalt principiu latin : „Pulchritudo splendor veritatis" („Frumusețea este strălucirea adevărului") ar putea fi și astfel interpretat : cercetătorul recunoaște adevărul mai întîi după această splendoare, această strălucire a sa.

De încă două ori în istoria științelor exacte ale naturii a fost această iluminare a marilor raporturi semnalul decisiv al unui progres important. Mă gîndesc aici la două evenimente din fizica secolului nostru : nașterea teoriei relativității și nașterea teoriei cuantice. În ambele cazuri, sumedenia încîlcită de detalii a fost, după încercări de înțelegere zadarnice, care au durat ani de zile, aproape dintr-o dată ordonată atunci cînd a apărut un raport complet neintuitiv, totuși în substanța sa, în cele din urmă, simplu, care prin închiderea și frumusețea sa abstractă a convins direct — i-a convins pe toți aceia care înțeleg și pot să vorbească o asemenea limbă abstractă.

Nu dorim însă să urmărim acum mai departe mersul istoric, ci mai degrabă să ne întrebăm direct : ce strălucește aici ? Cum se poate că în această strălucire a frumosului în științele exacte ale naturii se recunoaște marele raport

încă înainte de a fi înțeles în detalii, înainte de a putea fi argumentat rațional ? În ce constă puterea de iluminare și ce produce ea în dezvoltarea ulterioară a științei ?

Ar trebui poate să ne amintim aici de un fenomen pe care l-am putea numi desfășurarea structurilor abstracte. El poate fi explicat prin exemplul teoriei numerelor, despre care a fost vorba la început, dar procese asemănătoare se pot indica și în evoluția artei. Pentru întemeierea matematică a teoriei numerelor, a aritmeticii, sînt suficiente cîteva axiome simple, care de fapt nu fac altceva decît să definească exact ce înseamnă a număra. Prin acest mic număr de axiome este însă pusă întreaga multitudine de forme care au apărut în conștiința matematicienilor abia în decursul unei lungi istorii : teoria numerelor prime, a resturilor pătratice, a congruenței numerelor ș.a. Se poate spune că structurile abstracte instituite odată cu numărarea s-au desfășurat în mod evident numai în istoria matematicii, că ele au dat naștere sumedeniei de propoziții și relații din care este constituită teoria numerelor. Într-un mod asemănător, și la începutul unui stil artistic, în arhitectură de exemplu, se află anumite forme de bază simple, de exemplu semicercul și pătratul în arhitectura romanică. Din aceste forme de bază se nasc în decursul istoriei forme noi, mai complicate, chiar modificate, care ar putea fi concepute totuși ca variații pe aceeași temă. Și astfel din structurile de bază se desfășoară o nouă modalitate, un nou stil arhitectonic. Ai impresia că în aceste forme originare se pot vedea chiar de la început posibilitățile de desfășurare ; altfel nu ne-am putea explica de ce mulți artiști talentați se hotărăsc foarte repede să urmeze aceste noi posibilități.

O asemenea desfășurare a structurilor de bază abstracte s-a petrecut, fără îndoială, și în cazurile pe care le-am ales din istoria științelor exacte ale naturii. Această creștere, dezvoltarea

unor ramuri mereu noi a durat în cazul mecanicii newtoniene pînă la mijlocul ultimului secol. În cazul teoriei relativității și al teoriei cuantice am trăit ceva asemănător în acest secol, aici creșterea nefiind încă încheiată.

Acest proces care se desfășoară atît în știință cît și în artă are un important aspect social și etic, căci la el pot participa activ mulți oameni. Dacă în evul mediu trebuia să se construiască o catedrală, atunci la ea participau mulți maiștri și lucrători. Ei erau copleșiți de reprezentarea frumuseții care fusese concepută prin formele inițiale, sarcina lor absolut obligatorie fiind aceea de a munci conștiincios și exact în sensul acestor forme. Într-un mod asemănător, în cele două secole de la descoperirea lui Newton, mulți matematicieni, fizicieni și tehnicieni aveau sarcina de a trata prin metodele newtoniene probleme mecanice speciale, de a face experimente sau de a realiza aplicații tehnice, și aici se pretindea întotdeauna o extremă grijă pentru a face totul în cadrul mecanicii newtoniene. Ne-ar fi permis poate să spunem că prin structurile subiacente în acest caz mecanica newtoniană a trasat linii directoare sau chiar valori prin care se putea decide obiectiv dacă o problemă pusă a fost rezolvată bine sau rău. Tocmai prin faptul că aici au fost formulate exigențe precise, că un cercetător individual putea să contribuie prin mici realizări la atingerea unui mare obiectiv, că asupra valorii contribuției lui se putea decide în mod obiectiv, se naște satisfacția pe care o provoacă unui cerc mare de oameni o asemenea evoluție la care participă. De aceea nu trebuie subestimată nici semnificația etică a tehnicii pentru epoca noastră.

Din evoluția științelor și a tehnicii s-a născut, de exemplu, și ideea avionului. Un tehnician care construiește un aparat parțial oarecare pentru avion, muncitorul care-l produce știu că în munca lor trebuie să se supună unei precizii și atenții extreme, că însăși viața multor

oameni poate să depindă de conştiinciozitatea lor. Din aceasta se naşte mîndria unei munci bine făcute, şi el se bucură împreună cu noi de frumuseţea avionului atunci cînd simte că în el scopul tehnic s-a realizat cu mijloacele corespunzătoare, adecvate. Frumuseţea este, aşa cum am citat de cîteva ori definiţia antică, corespondenţa părţilor între ele şi cu întregul, iar această exigenţă va trebui satisfăcută şi în cazul unui avion bun.

Însă prin indicarea acestei desfăşurări a structurii de bază frumoase, cu valorile şi exigenţele etice care apar mai tîrziu în procesul istoric al desfăşurării, nu am răspuns încă la întrebarea pusă mai înainte : ce anume străluceşte în aceste structuri, după care strălucire se recunoaşte marele raport înainte ca el să fie înţeles raţional în detaliu ? Trebuie aici să includem apriori şi posibilitatea de a ne înşela în această recunoaştere iniţială. Faptul însă că această cunoaştere absolut directă, această înspăimîntare în faţa frumosului, cum se exprimă Platon în *Fedru*, există, nu cred că ar mai putea fi supus îndoielii.

În tot ce s-a afirmat asupra acestor probleme pare a exista o unitate asupra faptului că această cunoaştere nemijlocită nu se realizează prin gîndirea discursivă, raţională. Aş vrea să citez două exprimări, una a lui Johannes Kepler, de care a fost vorba mai sus, şi o alta a fizicianului atomist, contemporan nouă, Wolfgang Pauli, din Zürich, care era prieten cu C.G. Jung. Primul text se află în *Armonia cosmică* şi sună astfel : „Acea facultate care percepe şi cunoaşte proporţiile nobile în datele sensibile şi în lucrurile exterioare trebuie să fie atribuită sferei inferioare a sufletului. Ea este foarte apropiată de acea facultate care oferă simţurilor schema formală sau este şi mai adîncă, învecinîndu-se cu însăşi facultatea vitală a sufletului, care nu gîndeşte discursiv, adică prin raţionamente, cum fac filozofii, şi nu se serveşte de nici o metodă

reflectată, de aceea ea nefiind proprie numai oamenilor, ci este inerentă și animalelor sălbatice sau vitelor domestice... Ne putem întreba de unde provine acea facultate a sufletului care, deși nu participă la gîndirea conceptuală și de aceea nu poate avea nici o cunoaștere propriu-zisă a raporturilor armonice, trebuie să fie capabilă de o cunoaștere a dat-ului din lumea exterioară. Căci a cunoaște înseamnă a compara ceea ce este perceptibil senzorial din afară cu imaginile originare imanente, judecîndu-i astfel corespondența. Proclus are pentru aceasta o foarte frumoasă exprimare, o comparație cu imaginea trezirii dintr-un somn. Așa după cum lucrurile din lumea exterioară, date senzorial, ne reamintesc acele lucruri pe care le-am perceput mai înainte în vis, tot astfel relațiile matematice date în sensibilitate ademenesc acele imagini originare inteligibile, care sînt deja dinainte interior date, astfel încît ele acum strălucesc și în realitate, întruchipate în suflet, în timp ce mai înainte erau prezente în suflet doar difuz. Cum au ajuns atunci în interioritatea sufletului ? La aceasta — continuă Kepler — eu răspund : Toate ideile pure sau raporturile formelor originare ale armonicelor, așa cum sînt cele discutate mai sus, sînt interioare acelora care sînt capabili să le înțeleagă. Dar ele nu au devenit interioare numai în urma unui procedeu conceptual, ci mai degrabă descind dintr-o intuiție originară pură, oarecum instinctuală, și sînt înnăscute acestui individ precum principiul formal al plantei, de exemplu numărul petalelor sau numărul cămăruțelor fructului, îi este înnăscut mărului".

Kepler ne indică aici posibilitățile imaginilor originare, care sînt date deja domeniului plantelor și animalelor, care cauzează cunoașterea formelor. În epoca contemporană, asemenea posibilități au fost schițate în special de Portmann. El descrie anumite tonuri de culoare care sînt realizate de penele păsărilor și care totuși

pot avea numai atunci un sens biologic dacă ele sînt perceptibile şi altor păsări din aceeaşi specie. Capacitatea percepţiei trebuie să fie astfel la fel de înnăscută ca şi tonul culorii. Ne putem gîndi aici şi la cîntecul păsărilor. Mai întîi, din punct de vedere biologic, este necesar doar un anumit semnal acustic care serveşte pentru căutarea partenerului şi care este înţeles de partener. Dar, în măsura în care funcţia biologică nemijlocită pierde din importanţa sa, se poate ajunge la o prelungire în joc a tezaurului de forme, la o desfăşurare a structurii melodice de bază, care face din cîntec ceva care poate să încînte şi o fiinţă atît de străină cum este omul. Capacitatea de a recunoaşte acest joc al formelor trebuie, de asemenea, să fie înnăscută speciei respective de păsări, ea nu are, evident, nevoie de o gîndire raţională discursivă. Omului îi este înnăscută probabil capacitatea, pentru a lua un alt exemplu, de a înţelege anumite forme de bază ale limbajului gesturilor şi de a decide, ghidîndu-se după ele, dacă celălalt are intenţii prietenoase sau duşmănoase — o capacitate de o mare însemnătate pentru viaţa în comun a oamenilor.

Idei asemănătoare cu cele întîlnite la Kepler au fost exprimate într-un studiu de către Wolfgang Pauli. Acesta scrie : „Procesul înţelegerii naturii, ca şi fericirea pe care o simte omul atunci cînd înţelege, adică atunci cînd devine conştient de o nouă cunoaştere, par a se întemeia pe o potrivire, o întîlnire a imaginilor interioare preexistente ale psihicului uman cu obiectele externe şi cu comportarea acestora. Această înţelegere a cunoaşterii naturii, după cum se ştie, se originează în teoria lui Platon şi ea a fost împărtăşită şi de Kepler într-un mod foarte clar. Aceasta vorbeşte de fapt despre idei care sînt preexistente în spiritul divin şi pe care sufletul, alcătuit după chipul lui Dumnezeu, le are de la naştere. Aceste imagini originare, pe care sufletul le-ar putea percepe cu ajutorul

unui instinct înnăscut, sînt numite de Kepler arhetipice. Corespondența cu arhetipurile sau imaginile primare care funcționează ca instincte ale reprezentării, pe care le-a introdus C.G. Jung în psihologia modernă, este foarte întinsă. Faptul că psihologia modernă a dovedit că orice înțelegere este un proces îndelungat, care este pregătit multă vreme, înainte de posibilitatea formulării raționale a conținutului conștiinței, de procese ce se desfășoară în inconștient, a atras atenția din nou asupra nivelului pre-conștient al cunoașterii. La acest nivel, în locul unor concepte clare sînt prezente imagini cu un puternic conținut emoțional, care nu sînt gîndite, ci doar intuite oarecum plastic. În măsura în care aceste imagini reprezintă o expresie a unei stări de lucruri presimțite, dar necunoscute încă, ele ar putea fi denumite și simbolice — corespunzător definiției simbolului dată de C.G. Jung. Operatori și modelatori care ordonează această lume a imaginilor simbolice, arhetipurile funcționează tocmai ca acele punți căutate între percepțiile senzoriale și idei, ele constituind ca urmare presupoziții necesare pentru nașterea unei teorii științifice a naturii. Totuși trebuie să ne ferim să plasăm acest *a priori* al cunoașterii în conștiință și să-l raportăm la anumite idei, formulabile rațional".

Pauli arată, în cadrul cercetărilor lui ulterioare, că Kepler a fost convins de corectitudinea sistemului copernican în primul rînd nu din cauza observațiilor astronomice individuale, ci din cauza corespondenței imaginii copernicane cu un arhetip denumit de C.G. Jung mandala și care a fost folosit și de Kepler ca simbol al sfintei treimi. Dumnezeu ca mobil primar se află în centrul unei sfere, lumea în care acționează fiul este comparată cu suprafața, iar duhului sfînt îi corespund razele care pleacă din punctul central spre suprafața sferei. Evident, această imagine originară, prin însăși esența sa, nu poate fi descrisă sau chiar intuită rațional.

Dacă Kepler s-a convins astfel de corectitudinea sistemului copernican și prin asemenea imagini originare, rămîne totuși o condiție hotărîtoare a oricărei teorii științifice folositoare aceea de a se întemeia, în cele din urmă, pe verificarea empirică și analiza rațională. În această privință, științele naturii se află într-o situație mai fericită decît artele, deoarece pentru științele naturii există un criteriu de valoare indispensabil și riguros, căruia nu i se poate sustrage nici o operă. Sistemul lui Copernic, legile lui Kepler și mecanica lui Newton s-au confirmat prin interpretarea experiențelor, a rezultatelor observațiilor și prin tehnică într-o asemenea măsură și cu o atît de extremă exactitate încît corectitudinea lor, după *Principia* lui Newton, nu mai poate fi pusă la îndoială. Avem de-a face aici totuși cu o idealizare pe care Platon a considerat-o necesară, dar pe care Aristotel a criticat-o.

Acest fapt a apărut cu o claritate deplină numai cu aproximativ 50 de ani în urmă, cînd s-a recunoscut, pe baza experiențelor din fizica atomică, că sistemul conceptual newtonian nu mai este suficient pentru a se aborda fenomenele mecanice din interiorul atomului. De la descoperirea de către Planck a cuantei de acțiune în 1900 s-a născut în fizică o stare de dezordine. Vechile reguli după care se descrisese cu succes natura timp de peste două secole nu mai voiau să se acorde noilor experiențe. Chiar și această experiență în sine era contradictorie, o ipoteză care se confirma într-un experiment era infirmată de un altul. Frumusețea și unitatea vechii fizici păreau distruse, fără să se fi putut obține din încercările adesea divergente o idee reală asupra raporturilor noi, de altă natură. Nu știm dacă ni se permite compararea stării din fizică în acei 25 de ani de după descoperirea lui Planck, pe care am trăit-o ca tînăr student, cu stările din arta contemporană. Trebuie să mărturisesc însă să această comparare mi s-a impus

mereu. Perplexitatea în fața întrebării ce trebuie făcut cu fenomenele atît de derutante, durerea după corelațiile pierdute, care păreau totuși mereu atît de convingătoare, toată această stare de nemulțumire a marcat în mod hotărîtor în același fel configurația acestor domenii și epoci atît de diferite. Este aici însă vorba de un stadiu intermediar necesar, care nu poate fi sărit și care pregătește evoluția viitoare. Căci, așa cum spunea Pauli, orice înțelegere este un proces lent, care este pregătit multă vreme înainte de posibilitatea de formulare rațională a conținuturilor conștiinței prin procese inconștiente. Arhetipurile funcționează ca acele punți căutate între percepțiile sensibile și idei.

În momentul în care apar însă ideile autentice, se desfășoară în sufletul aceluia care le vede un proces indescriptibil, de cea mai înaltă intensitate. Este acea înspăimîntare, acea uimire de care vorbește Platon în *Fedru*, cu care sufletul parcă își reamintește de ceva, pe care-l stăpînise totuși, inconștient, dintotdeauna. Kepler spune : „Geometria este archetypus pulchritudinis mundi", „matematica", astfel am putea noi traduce generalizînd, „este imaginea originară a frumuseții lumii". În fizica atomică s-a desfășurat acest proces cu mai puțin de 50 de ani în urmă și el a adus științele exacte din nou în starea unei unități — care fusese pierdută pentru un sfert de secol — pe baza unor presupoziții cu totul noi. Nu văd nici un temei pentru care ceva asemănător nu s-ar putea petrece într-o zi și în artă. Trebuie însă să adăugăm prevenitor : așa ceva nu se poate face, el trebuie să se producă de la sine.

Stimați auditori, v-am schițat aceste aspecte ale științelor exacte ale naturii deoarece prin ele devine cel mai clar înrudirea lor cu artele și deoarece astfel se poate înlătura neînțelegerea după care în știință și tehnică am avea de-a face doar cu observația exactă și cu gîn-

direa rațională, discursivă. Desigur, această gîndire rațională și măsurarea atentă sînt instrumente ale muncii cercetătorului naturii, după cum ciocanul și dalta sînt instrumentele muncii sculptorului. Ele reprezintă însă în ambele cazuri doar instrumente, nu conținutul însuși al muncii.

Poate ar trebui să reamintesc la sfîrșit încă o dată cea de-a doua definiție a conceptului „frumosului", care provine de la Platon și în care nu se mai vorbește despre parte și întreg : „Frumusețea este străbaterea fenomenelor materiale de către strălucirea divină a «Unului»". Există mari epoci ale artei cărora această definiție le corespunde mai bine decît aceea citată mai înainte ; și adesea regretăm asemenea epoci. În epoca noastră este însă greu să vorbim despre acest aspect al frumuseții. Și este poate o bună regulă să ne acomodăm moravurilor timpului în care trebuie să trăim, iar despre ceea ce este greu de spus să tăcem. În realitate, cele două definiții nici nu sînt prea depărtate una de alta. Să ne mulțumim însă cu prima definiție, mai prozaică, a frumuseții, care este întruchipată în mod sigur și în științele naturii, și să constatăm că această frumusețe este atît în științele exacte ale naturii cît și în arte cel mai important izvor al strălucirii și clarității.

ESTE FIZICA O ȘTIINȚĂ ÎNCHEIATĂ ? *

În raport cu fizica particulelor elementare, aflată astăzi în centrul interesului fizicienilor, a fost uneori formulată întrebarea dacă nu cumva atunci cînd vor fi rezolvate problemele puse aici nu se va ajunge la o încheiere a fizicii în întregul ei. Căci, s-ar putea astfel argumenta, orice materie și orice radiație constau din particule elementare ; de aceea ar trebui ca prin cunoașterea completă a legilor care determină proprietățile și comportarea lor, în forma, de exemplu, a unei „formule a Universului", să se stabilească în mod fundamental și cadrul pentru orice proces fizic. Chiar dacă ar mai fi posibile noi dezvoltări extensive în fizica aplicată și în tehnică, totuși problemele principale ar fi deja lămurite, cercetarea fundamentală în fizică ar fi încheiată.

Acestei teze a perfecțiunii fizicii i se opun experiențele epocilor anterioare, în care s-a gîndit, de asemenea neîntemeiat, la o viitoare încheiere a fizicii. Max Planck povestea că profesorul său, Jolly, l-a sfătuit să nu se dedice studiului fizicii deoarece fizica ar fi în esență deja încheiată, astfel încît pentru cel care ar dori să lucreze activ în cercetarea naturii nu mai renta să se angajeze în acest domeniu. Prognoze la fel de false nu mai vrea să ofere nimeni astăzi, și va trebui să ne întrebăm, de aceea, dacă

* Articol apărut în *Süddeutsche Zeitung*, 6 octombrie 1970.

nu există în general în istoria de pînă acum a fizicii domenii parțiale în care s-a ajuns la o formulare definitivă a legilor naturii, despre care putem crede că chiar peste mii sau milioane de ani sau pe un sistem planetar oricît de îndepărtat fenomenele se vor petrece după exact aceleași legi formulabile matematic.

Asemenea domenii închise există în mod neîndoielnic. Pentru a evidenția un exemplu foarte special, legile pîrghiilor au fost formulate de către Arhimede cu peste 2 000 de ani ; nu ne putem îndoi că ele își vor păstra oricînd și oriunde valabilitatea. Dacă, de exemplu, călătorii pe Lună folosesc în munca lor de acolo pîrghii, atunci ei presupun în mod evident ca fiind corecte legile arhimedice ale pîrghiei, întemeindu-și pe ele succesul. Același lucru pare a fi valabil și cu întreaga mecanică newtoniană. Călătorii pe Lună se încred fără obiecții în enunțurile acesteia și acționează conform lor. Aici s-ar putea ridica însă o obiecție : nu s-a perfecționat mecanica newtoniană prin teoria relativității și teoria cuantică ? Nu trebuie să ia în seamă călătorii de pe Lună, în cazul cărora este vorba de o înaltă exactitate, aceste perfecționări ? Și dacă se întîmplă astfel nu demonstrează aceasta că nici mecanica nu este încă în fond o teorie încheiată ?

Pentru a afla un răspuns la această întrebare, va trebui să se constate mai întîi că în cazul marilor formulări cuprinzătoare ale legilor naturii, cum au fost posibile acestea pentru prima oară în mecanica newtoniană, avem de-a face cu idealizări ale realității, nu cu realitatea însăși. Idealizarea se realizează prin aceea că noi abordăm realitatea cu anumite concepte, care s-au confirmat în descrierea fenomenelor și cu care îi dăm o anumită înfățișare naturii ; de exemplu, în mecanică, cu ajutorul unor noțiuni cum ar fi poziția, timpul, viteza, masa, forța. Prin aceasta noi limităm imaginea naturii

— sau, dacă vreți, o stilizăm — întrucît în același timp noi renunțăm la toate acele trăsături ale fenomenelor care nu mai pot fi cuprinse în aceste concepte. Dacă avem conștiința acestor limitări, atunci putem afirma că mecanica este, prin teoria newtoniană, închisă, iar prin aceasta înțelegem că fenomenele mecanice, dacă pot fi, în general, descrise cu ajutorul conceptelor fizicii newtoniene, atunci ele se comportă strict după legile acestei fizici. Sîntem convinși, cum am spus, că aceste enunțuri vor corespunde și după milioane de ani și pe cele mai îndepărtate sisteme solare și credem că în cadrul conceptelor ei fizica newtoniană nu mai este capabilă de nici o îmbunătățire. Nu putem însă în nici un caz să afirmăm că toate fenomenele ar putea fi descrise cu aceste concepte.

Sub rezerva de mai sus se poate spune, de asemenea, că mecanica newtoniană este o teorie închisă. O asemenea teorie „închisă" este caracterizată printr-un sistem de definiții și axiome prin care se determină conceptele fundamentale și raporturile acestora ; după aceea prin exigența existenței unui domeniu larg de experiențe, de fenomene observabile, care pot fi descrise prin acest sistem cu o mare exactitate. Teoria este atunci idealizarea valabilă pentru toate timpurile a acestui domeniu al experienței.

Există însă alte domenii ale experienței, și astfel și alte teorii închise. În secolul al XIX-lea a luat o formă definitivă, în special, termodinamica — o teorie statistică asupra sistemelor cu foarte multe grade de libertate. Axiomele de bază ale acestei teorii definesc și corelează concepte cum sînt temperatură, entropie, energie, în care primele două, temperatura și entropia, nu apar deloc în cadrul mecanicii newtoniene, pe cînd ultimul, energia, joacă un rol important în orice domeniu al experienței, nu doar în mecanică. Și termodinamica statistică poate fi considerată, de la lucrările lui Gibbs, o teorie definitivă și închisă, și nu ne

putem îndoi de faptul că legile ei sînt valabile peste tot şi cu mare exactitate — desigur, numai pentru fenomene pe care le putem aborda cu concepte cum sînt temperatura, entropia, energia. Şi această teorie este o idealizare ; noi ştim că există multe stări — de exemplu, starea gazoasă a materiei — în care nu se vorbeşte despre temperatură ; deci nici legile acestei termodinamici nu sînt aplicabile.

Din cele spuse mai sus este clar că în fizică există teorii închise, care pot fi considerate idealizări, pentru domenii limitate ale experienţei, şi care pretind o valabilitate pentru toate timpurile. Dar prin aceasta nu poate fi în nici un caz vorba de o încheiere a fizicii.

În ultimii 200 de ani au fost deschise experimental domenii cu totul noi ale experienţei. Fenomenele electromagnetice au fost studiate, începînd cu lucrările lui Galvani şi Volta, din ce în ce mai precis, prin Faraday au fost stabilite relaţiile lor cu chimia, iar prin Hertz cu optica. Faptele de bază ale fizicii atomice au fost deduse mai întîi din experienţele chimice, fiind apoi cercetate în toate detaliile prin experimente asupra electrolizei, a proceselor descărcărilor electrice în gaze şi apoi prin experimentele asupra radioactivităţii. Pentru înţelegerea acestei uriaşe lumi noi nu mai erau suficiente teoriile închise ale epocilor anterioare. Astfel s-au format teorii noi, mai cuprinzătoare, care ar putea reprezenta idealizări valide ale acestor noi domenii ale experienţei. Teoria relativităţii s-a născut din electrodinamica corpurilor în mişcare şi a condus la noi reprezentări asupra structurii spaţiului şi timpului. Teoria cuantică dă seama de procesele mecanicii din interiorul atomului, ea cuprinde însă şi mecanica newtoniană ca un caz-limită, în care se obiectivează complet procesele şi se face abstracţie de interacţiunea dintre obiectul de cercetat şi observator.

Teoria relativității poate fi considerată, ca și teoria cuantică, o teorie închisă, o idealizare foarte cuprinzătoare a unor domenii foarte mari ale experienței, despre ale cărei legi trebuie să admitem că sînt valabile peste tot și pentru toate timpurile, însă, din nou, numai pentru acele domenii ale experienței care pot fi abordate cu ajutorul acestor concepte.

În fine, în ultimul deceniu, s-a deschis experimental calea fizicii particulelor elementare, prin cercetări asupra radiațiilor cosmice, și înainte de toate cu ajutorul marilor acceleratoare (ca cele din Berkeley, Geneva, Brookhaven, Serpuhov). Prin aceasta au apărut trăsături ale fenomenelor de un gen nou, care permit formularea vechii probleme a celor mai mici părți ale materiei într-o nouă lumină. În evoluția anterioară a fizicii s-a evidențiat mereu că obiectele pe care le considerăm cele mai mici părți ale materiei puteau fi divizate în obiecte și mai mici prin aplicarea unor forțe mai mari. Atomul chimiștilor nu a mai putut fi divizat cu mijloace chimice. În tuburi de descărcare, deci sub influența unor puternice forțe electrice, s-a putut realiza divizarea atomului în nucleul atomic și electronii care se rotesc în jurul nucleului. Prin ciocnirea unor nuclee de atomi cu energii mari, s-au putut dirija și aceste nuclee atomice, recunoscîndu-se că orice nucleu atomic este constituit din două cărămizi elementare de construcție, care au fost denumite, ca și electronii, particule elementare. Astfel era ușor de presupus că și protonii și neutronii ar putea fi divizați mai departe dacă sînt folosite forțe și mai mari, dacă, de exemplu, ei sînt aduși să se ciocnească cu energii extraordinar de înalte. Tocmai aceasta s-a cercetat în marile acceleratoare, dar s-a constatat că în asemenea ciocniri se produce ceva diferit. Marea energie de mișcare a particulelor elementare care se ciocnesc se transformă în materie, adică prin ciocnire se nasc noi particule elementare, care însă nu pot

fi mai mici decît particulele pe care le-am lăsat să se ciocnească. De „parte" nu mai poate fi vorba în acest caz. Prin particulele elementare pe care le cunoaştem şi prin marile acceleratoare cu care experimentăm astăzi asupra acestor particule elementare am ajuns la limita la care conceptul de parte îşi pierde sensul şi de aceea am putea presupune, în cunoştinţă de cauză, că particulele elementare cunoscute azi sînt realmente cele mai mici părţi ale materiei, în măsura în care acest concept poate avea sens.

Acest nou domeniu al experienţei, fizica particulelor elementare, nu a putut fi reprezentat cu ajutorul teoriilor închise dezvoltate anterior, teoria cuantică şi teoria relativităţii, deşi în cazul acestor teorii era vorba deja de idealizări foarte cuprinzătoare. Teoria cuantică presupunea mai întotdeauna, ca şi vechea mecanică newtoniană, existenţa unor mase punctuale neschimbătoare ; de o transformare a energiei în materie nu era deloc vorba acolo. Teoria relativităţii, invers, neglijează caracteristicile naturii care depind de cuanta de acţiune a lui Planck, ea presupune deci mereu posibilitatea obiectivării fenomenelor în sensul fizicii clasice. Pentru fizica particulelor elementare a trebuit deci să se caute o nouă idealizare, mai cuprinzătoare, care să conţină drept cazuri-limită atît teoria relativităţii cît şi mecanica cuantică şi care să facă inteligibil spectrul complicat al particulelor elementare într-un mod asemănător cu acela în care a putut realiza acest lucru teoria cuantică cu spectrul optic complicat al atomului de fier. Nu ne putem îndoi că această idealizare va fi reprezentată într-o zi în limbaj matematic, dar dacă este suficientă forma propusă pînă acum pentru această reprezentare matematică aceasta se va stabili numai prin noi experienţe şi cercetări teoretice. Independent de această ultimă problemă, care nu trebuie să fie discutată aici, ne putem însă întreba dacă odată cu această idealizare fizica nu ar fi cumva

desăvîrșită. Întrucît toate obiectele fizice constau din particule elementare, s-ar putea conchide că această cunoaștere completă a legilor care determină comportarea particulelor elementare este echivalentă cu cunoașterea completă a legilor comportării tuturor obiectelor fizice, și în această măsură s-ar putea vorbi de o încheiere a fizicii.

O asemenea manieră de raționare ar fi însă nepermisă, deoarece ea nu consideră suficient un punct important. Chiar și o teorie închisă a particulelor elementare — pe care vrem sau nu s-o denumim „o formulă a Universului" — va trebui înțeleasă ca o idealizare. Ea reprezintă un domeniu extrem de întins de fenomene, dar există încă alte fenomene care nu ar putea fi cuprinse cu ajutorul conceptelor acestei idealizări. Dovada de moment pentru această posibilitate este biologia. Căci toate obiectele biologice constau din particule elementare ; concepte cu care se pot descrie aceste procese biologice, de exemplu, însuși conceptul de viață, nu apar în această idealizare ; de aceea vor trebui să existe evoluții noi ale fizicii în această direcție. S-ar putea aici obiecta că atunci nu va mai fi vorba de fizică, ci de biologie, deci astfel fizica ar fi totuși închisă. Granițele dintre fizică și științele învecinate sînt însă atît de mobile că prin asemenea distincții nu se obține prea mult. De aceea, majoritatea fizicienilor sînt de acord că tocmai din cauza granițelor indefinite față de domeniile învecinate nu se poate vorbi de o încheiere a fizicii.

Cîțiva fizicieni contestă chiar și ideea că ne-am putea aștepta în viitorul previzibil la o încheiere a domeniului mai îngust al fizicii particulelor elementare. Se indică faptul că prin construirea unor acceleratoare din ce în ce mai mari particulele elementare se vor ciocni cu energii mereu mai înalte, și astfel s-ar putea deschide o lume nouă, acum încă necunoscută. Această părere se întemeiază însă pe supoziția

neacoperită nici experimental, nici teoretic că prin măririle ulterioare ale energiei ar trebui să se producă fenomene calitativ noi. În razele cosmice, care din punctul de vedere al energiei particulelor elementare care se ciocnesc sînt de mii de ori superioare acceleratoarelor actuale, nu au fost găsite nici un fel de asemenea fenomene cantitativ noi. Nici particulele „quark" admise ipotetic de mulți teoreticieni nu au fost descoperite. Nu există astfel temeiuri nici experimentale, nici teoretice pentru o lume nouă necunoscută, însă existența ei nu trebuie exclusă.

Atîta vreme cît nu au apărut asemenea noi domenii ale experienței, va trebui să ne gîndim în cazul întrebării privind încheierea fizicii la granițele mobile față de domeniile vecine și la sisteme conceptuale de un gen nou, care se vor aplica în aceste domenii învecinate. Aici nu este vorba numai de științele naturii. Acestor domenii învecinate le aparțin și matematica, teoria informației și filozofia, și în viitor va fi de multe ori greu să se decidă dacă în cazul unei înaintări a științei va fi vorba despre un progres al fizicii sau al teoriei informației, sau al filozofiei, dacă fizica se extinde în biologie sau dacă biologia se servește într-o măsură mereu mai mare de metode și formulări de probleme fizice. Despre o încheiere a fizicii s-ar putea vorbi astfel numai atunci cînd se definesc în mod abuziv anumite metode și scheme conceptuale ca fizice, iar alte formulări de probleme sînt repartizate altor științe. Aceasta însă nu se va întîmpla ; căci trăsătura distinctivă a evoluției viitoare va fi tocmai unificarea științei, depășirea granițelor istorice dintre diferitele discipline speciale.

CUPRINS

Permanențe tematice în gîndirea filozofică a lui Werner Heisenberg, de *Ilie Pârvu* . V

Prefață de *W. Heisenberg* 1

I. *Personalități*

Opera științifică a lui Albert Einstein . . . 5
Descoperirea lui Planck și problemele filozofice fundamentale ale teoriei atomului . . 13
Concepția filozofică a lui Wolfgang Pauli . 37
Amintiri despre Niels Bohr din anii 1922—1927 . 47

II. *Fizica — dincolo de domeniul ei*

Știința ca mijloc de înțelegere între popoare . 69
Conceptul de „teorie închisă" în știința modernă a naturii 83
Discurs la a 100-a aniversare a gimnaziului Max din München, 13.7.1949 91
Imaginea naturii în fizica contemporană . 106
Cercetarea atomului și legea cauzalității . . 127
Discurs festiv la a 800-a aniversare a orașului München (1958) 141
Limbaj și realitate în fizica modernă . . . 160
Științele naturii și tehnica în evenimentele politice ale epocii noastre 183
Abstracția în științele moderne ale naturii . 188
Sarcini și probleme actuale în promovarea cercetării științifice în Germania . . 209
Legea naturii și structura materiei 226
Imaginea naturii la Goethe și lumea tehnicii și științei 247
Tendința spre abstracție în artele și științele moderne 269
Transformări ale structurilor de gîndire în progresul științei 282
Semnificația frumosului în științele exacte ale naturii 295
Este fizica o știință încheiată ? 314

COLECȚIA

IDEI CONTEMPORANE

ÎN PREGĂTIRE

C. Lévi-Strauss
ANTROPOLOGIA STRUCTURALĂ

* * *

PROBLEMELE PĂCII
ȘI ALE RĂZBOIULUI ÎN CONDIȚIILE
REVOLUȚIEI ȘTIINȚIFICE ȘI TEHNICE.
NECESITATEA ISTORICĂ A DEZARMĂRII

A. Toynbee
ORAȘELE ÎN MIȘCARE

E. Schrödinger
CE ESTE VIAȚA? SPIRIT ȘI MATERIE

RESTRUCTURAREA ORDINII INTERNAȚIONALE
(raport către Clubul de la Roma)

Barry Commoner
CERCUL CARE SE ÎNCHIDE

G. Prestipino
NATURA ȘI SOCIETATEA

M. Malița
STĂPÎNIREA COMPLEXITĂȚII

G. B. Kuzneţov
RAȚIUNE ȘI FIINȚARE

N. Georgescu-Roegen
LEGEA ENTROPIEI ȘI PROCESUL ECONOMIC

Redactor : SERGIU SĂRARU
Tehnoredactor : FLORIAN SĂPUNĂRESCU

Coli editură 16,43. Coli tipar 15
Bun de tipar 22 februarie 1977
Apărut — aprilie 1977

Comanda nr. 8561/60 545
Combinatul poligrafic „Casa Scînteii",
Piața Scînteii nr. 1, București,
Republica Socialistă România

ÎN COLECȚIA «IDEI CONTEMPORANE»
AU APĂRUT:

* * * Știință și sinteză — Colocviu UNESCO
R. Garaudy: Marxismul secolului XX
G. N. Volkov: Sociologia științei
L. Althusser: Citindu-l pe Marx
V. Roman: Revoluția științifică și tehnică. Eseuri
R. Richta și colectiv: Civilizația la răscruce
M. Dufrenne: Pentru om
L. Goldmann: Sociologia literaturii
P. V. Kopnin: Bazele logice ale științei
I. Nikolov: Cibernetica și economia
N. Wiener: Sînt matematician
N. N. Constantinescu: Problema contradicției în economia socialistă
I. Hermann: Kitsch-ul, fenomen al pseudoartei
A. Pelletier, J. J. Goblot: Materialismul istoric și istoria civilizațiilor
A. Toffler: Șocul viitorului
R. Florian: Reflecții asupra filozofiei marxiste
* * * Mutații contemporane în știință și tehnică și implicațiile lor
* * * Știință, filozofie, ideologie
M. Drăgănescu: Muncă și economie
* * * Revoluția științifică-tehnică și progresul
L. Sève: Marxismul și teoria personalității
G. Lukács: Ontologia existenței sociale
* * * Revoluția socialistă și revoluția științifică-tehnică
M. McLuhan: Galaxia Gutenberg
M. Mesarović, E. Pestel: Omenirea la răspîntie
C. Wright Mills: Imaginația sociologică
T. Kotarbinski: Tratat despre lucrul bine făcut
* * * Revoluția științifică-tehnică și modernizarea forțelor de producție
M. Drăgănescu: Sistem și civilizație
C. I. Gulian: Marxism și structuralism
E. Bonnefous: Omul sau natura?
N.N. Constantinescu: Economia protecției mediului natural
I.T. Frolov: Progresul științei și viitorul omului
H. Marcuse: Scrieri filozofice
N.P. Dubinin: Mișcarea eternă

Lei 10

EDITURA POLITICĂ